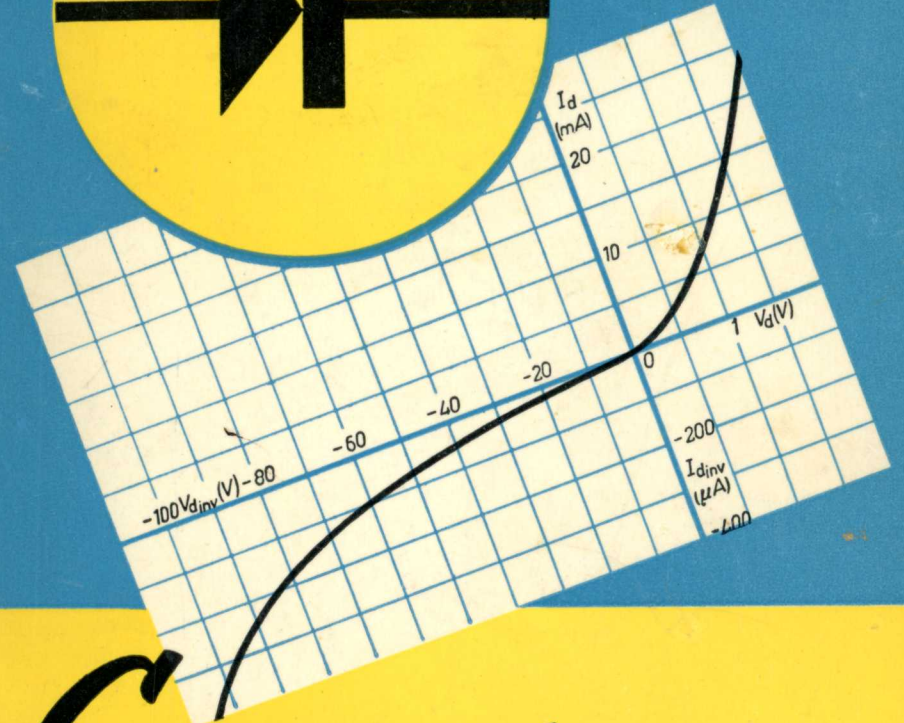
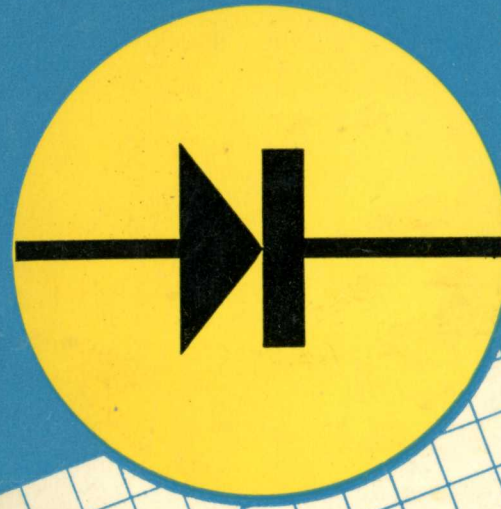


Dr. S. D. BOON



Germanium DIODEN

POPULAIRE REEKS

PHILIPS' TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

DR. S. D. BOON * GERMANIUM DIODEN





GERMANIUMDIODEN

GERMANIUMDIODEN

U.D.C. 621.314.632

DOOR

DR. S. D. BOON

Medewerker van de afdeling Electronenbuizen
van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken

1954

PHILIPS' TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

Mededeling van de uitgever
Dit boek wordt uitgegeven in vier talen:
Nederlands, Engels, Frans en Duits

Copyright N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken – Eindhoven (Nederland)
Nadruk, ook gedeeltelijk, verboden
Gedrukt in Nederland

Alle in dit boek opgenomen gegevens zijn medegedeeld
zonder octrooigarantie van de N.V. Philips'
Gloeilampenfabrieken te Eindhoven

WOORD VOORAF

Germaniumdioden zijn een betrekkelijk jonge spruit der radiotechniek. Reeds spoedig na het bekend worden der eerste kristalgeleijkrichters, nam over de gehele wereld de interesse voor dit nieuwe schakelement toe, en thans, slechts een tiental jaren nadat de nieuwe dioden hun intrede deden in de electronische apparatuur, is deze belangstelling dermate gestegen, dat de germaniumdiode zich een vaste plaats heeft veroverd tussen de vacuümdioden en zij deze verdringt van plaatsen die onaantastbaar leken.

Daar deze kristaldioden in hun electriche gedragingen afwijken van de vacuümdioden, brengt dit met zich, dat de schakelingen waarin zij worden gebruikt veelal niet kunnen worden opgezet met de parameters waaraan men in de buizentechniek gewend is. Toelaatbare stromen en spanningen zijn soms afwijkend gedefinieerd, en met de omgevingstemperatuur, die bij hoogvacuümdioden nauwelijks van belang is, dient bij germaniumdioden ten volle rekening te worden gehouden.

Daar iedere technicus steeds meer met de germaniumdiode te maken krijgt, is het van belang op eenvoudige wijze bouw en wezen der kristaldioden te behandelen, alsmede, meer gedetailleerd nog, hun electriche eigenschappen, in zover die fundamenteel zijn voor het juiste gebruik. De behandeling van de stof van dit boek is geheel gericht op de practijk, en er is naar gestreefd om zonder diepgaande theoretische beschouwingen de lezer te verschaffen hetgeen hij nodig heeft voor een zelfstandig oordeel over deze dioden, en hem aldus in staat te stellen de meest voorkomende diodeproblemen te analyseren en met de dioden zelf practische schakelingen te verwezenlijken.

Met dat doel is in het boekje een reeks toepassingsvoorbeelden opgenomen, die na bestudering door de lezer met nog vele andere zal kunnen worden aangevuld.

DR. S. D. BOON

Maart 1954

INHOUDSOPGAVE

Woord vooraf	V
Inleiding	1
1. HISTORISCHE INLEIDING OVER KRISTALLEN	2
2. NIEUW ONTWIKKELDE KRISTALDIODEN	4
Werking van de germaniumdiode	5
Fabricage van germaniumdioden	10
3. DE KARAKTERISTIEK VAN DE KRISTALDIODE	13
4. ALGEMENE EIGENSCHAPPEN VAN DE GERMANIUMDIODE, VERGELEKEN MET DIE VAN DE HOOGVACUÛMDIODE	17
5. DE KRISTALDIODE ALS GELIJKRICHTER	22
6. DE GERMANIUMDIODE ALS SPECIFIEK SCHAKELELEMENT VOOR ZEER HOGE FREQUENTIES	28
7. DE KRISTALDIODE ALS DEMODULATOR VOOR IN DE AMPLITUDE GEMODULEERDE TRILLINGEN	29
8. KORTE TOELICHTING OP DE GEPUBLICEERDE DATA	35
KRISTALDIODE OA 50	36
KRISTALDIODE OA 51	39
KRISTALDIODE OA 53	42
KRISTALDIODE OA 55	45
KRISTALDIODE OA 56	48
KRISTALDIODE OA 60	51
KRISTALDIODE OA 61	54
KRISTALDIODE OA 70	57
KRISTALDIODE OA 73	63
Algemene opmerkingen betreffende de toepassing van germaniumdioden	70
TOEPASSINGEN	71
VOORBEELD I. Gelijkrichter voor belasting met een lage impedantie	71
VOORBEELD II. Gelijkrichter voor belasting met een hoge impedantie	72
VOORBEELD III. Meetinstrumenten	72
VOORBEELD IV. Videodetector voor televisie-ontvanger met germaniumdiode	74
VOORBEELD V. Herstellen van nulcomponent van het videosignaal aan de beeldbuis van een televisie-ontvanger	75

Inhoudsopgave

VOORBEELD	VI. Videodetectie en A.V.C. in een televisie-ontvanger	76
VOORBEELD	VII. Dynamische begrenzer voor F.M. ontvangers	76
VOORBEELD	VIII. „Clipper”.	77
VOORBEELD	IX. Menging met germaniumdiode	77
VOORBEELD	X. Eenvoudige detectorontvanger	78
VOORBEELD	XI. Eenvoudige detectorontvanger met verbeterde selectiviteit	79
VOORBEELD	XII. Radiowekker	79
VOORBEELD	XIII. Detectorontvanger zonder antenne.	80
VOORBEELD	XIV. Detectie en A.V.C. in omroepontvangers	81
VOORBEELD	XV. Inrichting voor het opwekken van impulsen	81
VOORBEELD	XVI. Meet- en af luistertaster voor het meten van hoogfrequentiespanning	82
VOORBEELD	XVII. Tweeweg signaalinrichting	82
VOORBEELD	XVIII. Tijdschakelaar met germaniumdiode.	83
VOORBEELD	XIX. Apparaat voor het regenereren van kleine droge batterijen	83
VOORBEELD	XX. Inrichting voor het galvaniseren van kleine voorwerpen.	84
VOORBEELD	XXI. Ontstoring van contacten	84
VOORBEELD	XXII. Germaniumdiode voor het opwekken van negatieve roosterspanning in een fotocel relais.	85
VOORBEELD	XXIII. Gebruik van germaniumdioden met relais	86
VOORBEELD	XXIV. Radiodetector voor F.M. ontvangers	87
VOORBEELD	XXV. Ringmodulator	87
VOORBEELD	XXVI. Plaatstroomapparaat voor transistorontvanger.	88
VOORBEELD	XXVII. Souffleurontvanger	88

GERMANIUMDIODEN

Inleiding

Aan de electronenbuis, tot nu toe een der belangrijkste producten van dat gebied der electrotechniek waarin door de mens de beweging van ladingdragers kan worden gecontroleerd, is een nieuw element toegevoegd, dat zich in zijn gedragingen fundamenteel van de electronenbuis onderscheidt. Nadat wij in enkele decennia hadden geleerd de loop van het electron in een luchtledige ruimte te beheersen, is het mogelijk geworden ook in de vaste stoffen de beweging van electronen te beïnvloeden. Daarbij is tevens naast het electron een tweede soort van ladingdragers bekend geworden, de „gaten”, die tot nog toe in de electronica geen rol van enige betekenis hebben gespeeld. Deze twee verschillende soorten ladingdragers, waarvan de ene negatief en de andere positief is, verschaffen ons nieuwe, tot op heden ongekende mogelijkheden voor het realiseren van toestellen die zonder twijfel voor de techniek nieuwe wegen openen.

Met de introductie van de halfgeleiders doet een nieuw element zijn intrede in de electrotechniek. De chemie, die steeds dieper in ons dagelijkse leven ingrijpt, heeft nu ook op het gebied der electrotechniek haar invloed doen gelden, en reeds zijn de spectaculaire resultaten hiervan aan te wijzen. Ongetwijfeld zal voortschrijdend inzicht in bouw en wezen der chemische stoffen nog tot nieuwe en ongedachte mogelijkheden leiden, die het toepassingsgebied der electrotechniek verder zullen vergroten en ons daardoor de mogelijkheid geven onze taak op eenvoudiger en rationeler wijze te volvoeren.

Als eerste voorbeeld van de nieuwe producten en van de nieuwe techniek, die ons door de vooruitgang van de wetenschap gebracht zijn, wordt in de volgende pagina's de germaniumdiode beschreven. De kenmerken dezer nieuwe techniek, de kleinheid, de betrouwbaarheid en de eenvoud, komen in dit nieuwe onderdeel reeds ten volle tot uitdrukking, al kan niet verheeld worden dat ze nog jong is en zich dus nog in volle ontwikkeling bevindt. Verbeteringen van wat reeds is bereikt volgen elkaar in snel tempo op, en elk overzicht van het gepresteerde heeft het karakter van een momentopname van een toestand die ieder volgend ogenblik reeds verouderd kan zijn.

De Philips bedrijven met hun jarenlange ervaring op het gebied van de chemie en de fabricage van vaste stoffen, zijn eigen wegen gegaan voor de vervaardiging der nieuwe elementen voor de electronische industrie, waarvan de kwaliteit in overeenstemming is met die der electronenbuizen die de naam Philips over de wereld tot een begrip hebben gemaakt.

1. HISTORISCHE INLEIDING OVER KRISTALLEN

De kristaldiode waarop dit boek betrekking heeft is een schakelement der electrotechniek, waarvan de oorsprong reeds in het verleden ligt. Uit proeven van Dunwoody in 1906 was gebleken, dat een kristal van carborundum, dat bevestigd is tussen twee veertjes, in de ene stroomrichting minder weerstand vertoont dan in de andere. Naar aanleiding van deze ontdekking werden verscheidene kristallen op dit effect onderzocht, en er werden vele stoffen gevonden die het verschijnsel vertoonden. Klassieke voorbeelden zijn het loodglans en het pyriet. Nadat Hertz omstreeks 1880 met zijn fundamentele proeven over de „uitbreiding der elektrische kracht” het bewijs had geleverd van de mogelijkheid van een draadloos contact tussen twee plaatsen, werd door proeven van Marconi in 1897 de experimentele bevestiging van deze bevinding verkregen.

Spoedig na de eerste proeven over de uitbreiding van electromagnetische golven door de ruimte, kon worden vastgesteld dat alleen golven van een relatief hoge frequentie een voldoende uitbreiding vertoonden voor het practisch verwezenlijken van draadloos contact tussen twee plaatsen. Daar geluidssignalen echter een vrij lage frequentie hebben, was men verplicht deze te moduleren op een draaggolf van hoge frequentie, om aldus de gestelde afstanden te overbruggen. Hierdoor ontstond aan de ontvangerzijde het probleem der demodulatie, waarbij het laagfrequentie-geluidssignaal weer van de hoogfrequentie-draaggolf moest worden gescheiden. Een element dat hiervoor geschikt was, was het gelijkrichtende kristal, en aldus deed dit onder de naam kristaldetector zijn intrede in de radiotechniek, waar het zich tot de opkomst der hoogvacuümtriode als detector wist te handhaven. Aangezien omtrent de physische werking van deze kristaldetectoren aanvankelijk nagenoeg niets bekend was, en het begin van inzicht in bouw en wezen der vaste stoffen eerst veel later is ontstaan, bleef de kristaldetector een experimenteel onderdeel. Uit vele kristallen moesten namelijk door beproeving de goede exemplaren gesorteerd worden, maar ook deze waren slechts op enkele plaatsen van het oppervlak bruikbaar. Het gebruikspunt van ieder kristal moest met een tastveer worden opgezocht, en het resultaat was ook dan nog onbetrouwbaar, want een zeer geringe trilling was voldoende om het contact te verplaatsen en een nieuwe instelling noodzakelijk te maken. Het was dan ook niet te verwonderen dat na het verschijnen van de vacuümdiode, voor de kristaldetector nog slechts een zeer bescheiden rol bleef te spelen, eerst nog als noodontvanger bij het uitvallen der elektrische energie, later min of meer als speelgoed voor de schooljeugd, die haar eerste schreden op het pad der radiotechniek zette. Technisch gezien, dreigde de kristaldetector te worden tot een museumstuk uit de begintijd der radiotechniek, toen tijdens de laatste wereldoorlog een nieuwe impuls werd gegeven aan de ontwikkeling van dit onderdeel.

Voor al in de ontwikkeling van de electronische toestellen voor steeds hogere frequenties bereikte men een punt waar de vacuümdiode niet meer aan de gestelde eisen kon voldoen, en ook niet te verwachten was dat door

voortgeschreden ontwikkelingstechniek der buizen aan deze eisen voldaan zou kunnen worden. Meer in het bijzonder speelden de capaciteit tussen de elektroden in de buis en de electronenlooptijd een dermate overheersende rol bij de zeer hoge frequenties, dat gezocht werd naar een vervanger van de vacuümtiode met zeer lage capaciteitswaarden der elektroden.

Hiervoor was de oude kristaldetector aangewezen, daar de mechanische opbouw, bestaande uit een kristal waarop een klein veertje drukte, een bijzonder lage capaciteit waarborgde.

In zijn bestaande vorm was deze gelijkrichter echter volkomen onbruikbaar voor elke moderne elektrische toepassing, en men was dus verplicht de kristaldetector opnieuw in ontwikkeling te nemen.

Geheel onafhankelijk van dit probleem echter waren sedert een tiental jaren op vele plaatsen in de wereld onderzoeken verricht met betrekking tot een klasse van vaste stoffen welke bekend stonden als halfgeleiders, stoffen die gedurende vele jaren waren beschouwd als wetenschappelijke curiositeit, en waarmede werd geëxperimenteerd om een beter inzicht te verkrijgen in de bouw der vaste stoffen in verband met de wisselwerking tussen electriciteit en stof.

De kennis die uit hoofde van deze onderzoeken was ontstaan, bleek van direct belang te zijn voor de kristaldiode, en reeds spoedig verschenen de eerste dioden met een halfgeleidend kristal. De nieuwe kristaldioden die met behulp van deze kennis gefabriceerd werden, waren zo goed als vrij van alle kwalijke eigenschappen van de vroegere kristaldetector en vormden een nuttige aanvulling van vacuümdioden, speciaal voor toepassingen waarbij zeer hoge frequenties van belang waren. Het feit dat de kristaldiode geen gloeistroom nodig heeft, en de eenvoud van constructie en gebruik, waren echter oorzaak, dat ook op andere gebieden de kristaldiode haar intrede deed als concurrent van de vacuümdiode met gloeikatode, en dat het gebruik van deze diode, ook voor toepassingen waarbij het gedrag bij hoge frequenties niet de voornaamste factor is, nog steeds toeneemt.

Naast de speciale toepassingen op het gebied der zeer hoge frequenties waarvoor de kristaldiode was ontwikkeld, waarvan als het meest sprekende voorbeeld radar genoemd kan worden, en waarbij frequenties tot enkele tientallen kMc in het spel waren, werd een toepassingsgebied geopend dat zich uitstreckte van gelijkrichting van lage frequenties, als netgelijkrichting, tot demodulatie van in de amplitude of de frequentie gemoduleerde signalen met een frequentie van omtrent enkele tientallen tot enkele honderdtallen Mc. In de laatste tijd neemt bovendien de interesse voor het gebruik van kristaldioden voor hoge frequenties toe, waarbij televisietoepassingen op de voorgrond staan. Naast deze meer in het bijzonder op de radiotechniek gerichte toepassingen, vinden germaniumdioden in steeds toenemende aantallen hun weg in moderne elektronische toestellen als rekenmachines en dergelijke.

2. NIEUW ONTWIKKELDE KRISTALDIODEN

Als gevolg van de nieuwe ontwikkeling verschenen in hoofdzaak twee typen kristaldiode, die uitwendig nagenoeg identiek zijn, met als verschil het materiaal waaruit het kristal is vervaardigd. De elementen die hiervoor thans gebruikt worden zijn silicium en germanium. Beide elementen behoren tot de vierde groep van het periodieke systeem van elementen, waarin tevens koolstof, tin en lood voorkomen.

Deze elementen zijn z.g. halfgeleiders, d.w.z. stoffen die vrij slechte geleiders zijn voor de electriciteit. Dit blijkt uit de specifieke weerstand die deze stoffen in een zeer zuivere toestand bij kamertemperatuur hebben: voor Si $\sim 10^6 \Omega\text{cm}$; voor Ge $\sim 60 \Omega\text{cm}$. Ten gevolge van kleine hoeveelheden verontreinigingen die in deze stoffen voorkomen en die een zeer grote invloed hebben op de specifieke weerstand, is hun praktische specifieke weerstand van de orde van 0,1–10 Ωcm .

Van deze elementen vervaardigt men dioden door het zeer zuivere gesmolten element te mengen met zeer kleine hoeveelheden van bepaalde andere elementen. De gestolde massa wordt in blokjes verdeeld, welke na een behandeling van het oppervlak worden gemonteerd in een houder, tezamen met een verend metalen contactdraadje dat tegen het oppervlak van het

kristal drukt (fig. 1). Veelal worden de eigenschappen van de op deze wijze gevormde diode nog verbeterd door formeren, waarbij gedurende korte tijd door de diode een hoeveelheid elektrische energie wordt gestuwd, die oorzaak is dat tussen het metaal en het kristal een sperlaag ontstaat met lage weerstand in de doorlaatrichting en hoge weerstand in de sperrichting.

Afhankelijk van de keuze en de bewerking van het uitgangsmateriaal, worden kristaldiode vervaardigd die van elkaar verschillen door een lage en een hoge toelaatbare sperspanning. Terwijl de oorspronkelijke Si-detectoren een maximum sperspanning van 5 V verdroegen, bleek het mogelijk, door gebruik van het element germanium de sperspanning op te voeren tot een waarde van 100 V en hoger. Ook met Si-kristallen kan door keuze der bijmengsels een verhoging van de toelaatbare sperspanning tot ca. 50 V worden gerealiseerd.

Door Philips wordt een reeks germaniumdioden (OA 50–OA 51–OA 53–OA 55–OA 56–OA 60–OA 61) vervaardigd, waarvan de karakteristieken zijn aangepast aan zeer verschillende gebruiksvoorwaarden, zodat voor alle toepassingen waarin vacuümdioden met voordeel kunnen worden vervangen door kristaldiode, een voor de betreffende toepassing gunstigste diode aanwezig is.

Een nieuwe reeks Germanium Dioden die aansluit op die, welke is genoemd in de vorige alinea, is inmiddels ontstaan. Van deze nieuwe reeks zijn reeds uitgekomen de Dioden OA 70 en OA 73, waarvan de constructie afwijkt van die der vorige serie. Zij zijn geheel in glas ingesmolten en in het bijzonder bestemd voor toepassingen waarbij de dissipatie relatief laag is.



Fig. 1

De nieuwe reeks dezer z.g. all-glass dioden vertoont een uitzonderlijke stabiliteit. Deze dioden verdragen b.v. 48 uur koken in water, waarna aan hun elektrische karakteristiek niets is veranderd. Levensduurproeven onder ongunstige klimatologische en elektrische omstandigheden gedurende enkele duizenden uren voortgezet, wezen eveneens uit, dat voor deze nieuwe dioden een levensduur van verscheidene duizenden uren verwacht kan worden, zonder dat belangrijke wijzigingen in de voor elk type geldende karakteristieken optreden.

De diode OA 70 gelijkt in electrisch opzicht op de diode OA 60 der oude reeks. Deze diode is in het bijzonder geschikt voor videodetectie in T.V. ontvangers. De detectie- en dempingseigenschappen van deze diode konden t.o.v. van de OA 60 nog iets worden verbeterd. De diode OA 73 is een speciale van de OA 70 afgeleide diode, welke naast uitstekende h.f. eigenschappen ook statisch een karakteristiek heeft tussen vrij nauwe grenzen.

Teneinde constructeurs in staat te stellen na te gaan hoe door hen ontwikkelde schakelingen met germaniumdioden zich practisch zullen gedragen bij gebruik van verschillende exemplaren van het diodetype OA 73, zijn de spreidingsgegevens van deze dioden gepubliceerd.

Werking van de germaniumdiode

Voor een eenvoudige verklaring van de gelijkrichtende werking van de germaniumdiode is het noodzakelijk in te gaan op de elektrische eigenschappen van het element germanium, en op de veranderingen welke die eigenschappen ondergaan wanneer in het element germanium andere chemische elementen in zeer kleine hoeveelheden voorkomen.

Waar hier het scheikundig begrip element wordt genoemd, en verder ook het begrip valentie ter sprake zal komen, zal worden getracht aan de hand van een sterk vereenvoudigd beeld deze begrippen ook voor de electro-technicus enige gestalte te geven.

Nemen wij in gedachten een hoeveelheid water en verdelen wij deze in steeds kleinere hoeveelheden, dan zal na vele delingen iedere hoeveelheid nog het uiterlijk en alle eigenschappen van water hebben. Ook als de kwantiteit zo klein is geworden dat zij met het oog of zelfs met de sterkste microscoop niet meer is waar te nemen, zal er, scheikundig gezien, nog steeds water zijn. Toch zal eenmaal de kleinste hoeveelheid water zijn bereikt. Aan deze hoeveelheid, die niet meer verdeeld kan worden zonder de eigenschappen van de oorspronkelijke stof te verliezen, heeft men de naam „molecuul” gegeven.

Dus is, chemisch gesproken, een molecuul het kleinste deeltje van een stof dat nog de eigenschappen van die stof vertoont. We splitsen nu ook het molecuul. En we zien dan reeds na de eerste deling de stof in haar samenstellende bestanddelen. Het watermolecuul is uiteengevallen in drie delen, waarvan er twee gelijk zijn, die echter in het geheel niet meer op water gelijken. Twee deeltjes waterstof en een deeltje zuurstof zijn ontstaan,

stoffen die wij kennen als gassen, en met één waarvan, de zuurstof, wij zelfs zeer vertrouwd zijn, want een vijfde van de lucht die wij inademen bestaat uit het gas zuurstof. Deze atomen zijn chemisch niet meer te verdelen; en de stoffen waarvan die deeltjes of atomen afkomstig zijn dragen de naam elementen. Dit zijn dus de oerbouwstenen van alle stoffen op aarde. Het zijn er 92, en germanium is er één van.

Stellen wij ons nu voor, dat wij door een supermicroscop een dergelijk atoom bekijken, en dan het volgende beeld voor ons zien, dat enige gelijkennis vertoont met een zonnestelsel: in een vrijwel lege ruimte bevindt zich een vaste kern, waaromheen zich een aantal electrisch geladen deeltjes, electronen genaamd, bewegen als planeten om een zon. Elk element heeft zijn eigen aantal van die electronen en een kern met zoveel positieve ladingen als er negatieve electronen bij dat element behoren. Het gehele atoom is dus electrisch neutraal, aangezien er evenveel electronen zijn als positieve ladingen. Het element germanium dat ons hier interesseert heeft 32 electronen en een kern met 32 positieve ladingen.

Sommige electronen nu gedragen zich min of meer afwijkend van de rest. Deze electronen, die het chemisch gedrag van de stof bepalen, zijn de zogenaamde valentie-electronen. Zij zijn verantwoordelijk voor het ontstaan van de bovengenoemde moleculen. Van de 32 electronen van germanium zijn er 4 die valentie-electronen zijn. Als ieder van deze electronen zich paart met een electron van een ander germaniumatoom, ontstaat het samenhangend geheel dat het metaal germanium is; de regelmaat in de rangschikking uit zich, evenals bij practisch alle andere stoffen, in een regelmatig ruimtelijk patroon van atomen: het kristal waarin elk van de vier valentie-electronen van een germaniumatoom verbonden is met een electron van vier andere germaniumdioden. Verbinden de vier valentie-electronen van germanium zich met de twee valentie-electronen van het element zuurstof, waarvoor dus per germaniumatoom twee atomen zuurstof nodig zijn, dan ontstaat het germaniumdioxyde, een wit poeder, dat dient als uitgangsmateriaal voor de fabricage van het germanium voor germaniumdioden. Ook dit germaniumdioxyde verraadt zijn regelmatige bouw door een regelmatig ruimtelijk kristalpatroon, dat evenwel een andere rangschikking heeft dan het kristalpatroon van het metaal germanium.

Geleiding van electriciteit geschiedt door electronen. Geleiding van electriciteit door een vaste stof geschiedt door electronen die zich door die vaste stof, in ons geval het kristal, moeten kunnen bewegen. In sommige stoffen, de metalen, kunnen de electronen zich vrij door het kristal bewegen; deze stoffen zijn bekend als geleiders. In andere stoffen, de isolatoren, komen vrije electronen niet voor; transport van electriciteit is daarin niet mogelijk.

Beschouwen we nu een germaniumkristal, waarvan, om een idee te hebben van de grootte van de deeltjes waarin zich de electrische processen afspelen, vermeld kan worden dat een kubus van $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 15 miljoen \times miljoen \times miljoen germaniumatomen bevat. In dit kristal

zijn in een theoretisch ideale toestand alle electronen van alle germaniumatomen gebonden met electronen van andere Ge-atomen, tot het boven reeds genoemde kristalrooster, dat dezelfde ruimtelijke rangschikking heeft als het kristalrooster van koolstof (diamant); hierin komen dus geen vrije electronen voor die beschikbaar zijn voor electriciteitstransport. Een dergelijk kristal is dus een isolator. Dat inderdaad germanium niet behoort tot de groep der isolatoren, maar tot die der halfgeleiders, welke, wat hun geleidingsvermogen betreft, het midden houden tussen de metalen en de isolatoren, vindt zijn oorzaak in afwijkingen van de theoretisch ideale toestand, die echter voor het te ontwikkelen geschematiseerde en elementaire beeld niet zo belangrijk zijn.

Nu is het mogelijk „losse” ladingdragers, die de stroom door het germanium kunnen transporteren, daarin aan te brengen door een aantal germaniumatomen te vervangen door atomen van een element dat vijf of van een element dat drie valentie-electronen bezit, als b.v. respectievelijk de elementen antimoon of aluminium. Waarom hier gesproken wordt van ladingdragers in plaats van electronen, zal hieronder worden verduidelijkt.

Elk antimoonatoom dat een germaniumatoom vervangt zal van zijn vijf valentie-electronen er vier gebruiken voor het vormen van bindingen met de electronen van de vier germaniumatomen die het omringen, waarbij dan een electron overblijft, dat daardoor in een toestand komt waarbij het zich min of meer vrij door het kristal kan bewegen. In een dergelijk germaniumkristal heeft de geleiding plaats door electronen, en dit soort germanium heeft de naam N-germanium gekregen. Hierbij is de N afkomstig van negatief, aangezien de elektrische stroom in een dergelijk kristal door electronen wordt getransporteerd.

Een aluminiumatoom met drie valentie-electronen, dat de plaats van een germaniumatoom inneemt, heeft één electron te weinig om met de vier omringende germaniumatomen een complete binding te vormen, en per aluminiumatoom ontstaat dan ook een „binding” die incompleet is. Het is alsof uit een complete binding één electron is uitgevallen, dat één „gat” heeft achtergelaten. Een dergelijk „gat” is, electrisch gezien, te vergelijken met een positieve lading. Het kan zich door het kristal bewegen doordat een electron uit een naburige complete binding verspringt, het „gat” opvult en daarbij op zijn beurt een nieuw „gat” achterlaat. Het is alsof het „gat” zich door het kristal beweegt in een richting tegengesteld aan die der electronen; springt namelijk, figuurlijk, het electron vooruit, dan springt het „gat” achteruit. Het bewegende „gat” vertegenwoordigt een door het kristal bewegende positieve lading, en het draagt bij tot het transport der electriciteit door het kristal. Germanium waarin de geleiding der electriciteit geschiedt door „gaten” heeft de naam P-germanium, van p = positief, gekregen.

Een inzicht in de gelijkrichtende werking van een germaniumdiode krijgt men het best uit een beschrijving van de verschijnselen die optreden in de grenslaag waar P- en N-germanium aan elkaar grenzen. Deze grenslaag tussen P- en N-germanium heeft de naam P-N junction gekregen.

De werking van de germaniumdiode, waarbij een toegespitste metalen punt drukt op een stukje N-germanium, kan men vergelijken met die van een P-N grenslaag, door aan te nemen dat zich onder de metalen punt een klein deel p-germanium bevindt dat met de rest van het kristal verbonden is door een P-N overgang en met de metalen punt door een ohms contact.

In het N-germanium zijn, zoals reeds werd gezegd, de ladingdragers in hoofdzaak elektronen; in het P-germanium zijn dit in hoofdzaak „gaten”. Waar een deel van een kristal dat N-geleiding vertoont, grenst aan een deel dat P-geleiding vertoont, zal een sperlaag ontstaan, welke oorzaak is dat het Ge gelijkrichtende eigenschappen vertoont. Aan de grenslaag ontstaat een elektrische dubbellaag, namelijk aan de ene zijde een opeenhoping van elektronen, aan de andere zijde een opeenhoping van gaten. Dat het ontstaan van deze dubbellen een noodzakelijk gevolg is van het contact tussen een deel N- en een deel P-germanium, ook zonder dat er sprake is van een elektrisch potentiaalverschil aan het kristal, is te begrijpen als men zich voorstelt dat een kristal van N-germanium gebracht wordt tegen een kristal van P-germanium en daartegen atomair wordt bevestigd.

Stel nu dat uit het N-germanium één electron door diffusie door dit grensgebied zich beweegt naar het P-germanium. Als gevolg hiervan wordt het N-germanium positief geladen t.o.v. het P-germanium (één electron te weinig). Stel vervolgens dat een „gat” diffundeert van het P-Ge naar het N-Ge. Ook hiervan is het resultaat dat het N-germanium positief geladen wordt t.o.v. het P-germanium (een positieve lading te veel). Zowel de beweging van een electron van N naar P, als de beweging van een „gat” van P naar N, resulteren dus in het opbouwen van een elektrische dubbellaag in het grensgebied van N- en P-germanium. De spanning van deze dubbellaag is tevens oorzaak dat het proces zijn dynamisch einde neemt. Het positief geladen N-germanium stoot de gaten af, evenals het negatief geladen P-germanium de elektronen. De spanning aan de grenslaag loopt op tot een waarde waarbij een verder transport van elektronen en gaten door de sperlaag wordt verhinderd.

Tussen beide zijden van de sperlaag ontstaat een gebied dat relatief vrij is van ladingdragers en waarin het transport van electriciteit dus moeilijker plaats heeft dan door het P- of het N-germanium buiten de sperlaag. Deze laag vertegenwoordigt dus tussen het N- en het P-germanium een weerstand.

Zodra nu aan het kristal een elektrische spanning wordt aangelegd in een richting loodrecht op de sperlaag, verandert de weerstand van de sperlaag. Als de positieve pool van de spanningsbron is aangesloten op het N-germanium, dan zullen de elektronen in het N-germanium en de „gaten” in het P-germanium worden weggetrokken van de sperlaag. Het gebied dat relatief vrij is van ladingdragers wordt breder en de weerstand van het Ge-kristal dus groter dan in de niet aan de spanningsbron aangesloten toestand.

Wordt echter de negatieve pool van de spanningsbron aangesloten op het N-germanium, dan worden de elektronen en de „gaten” naar elkaar toe

gedreven. Het deel van de sperlaag waarin vrijwel geen ladingdragers voorkomen wordt dunner en de weerstand van het germanium neemt af.

Uit dit sterk geschematiseerde beeld laat zich kwalitatief de gelijkrichtende werking van de kristaldiode begrijpen. De weerstand is in de ene richting groter dan in de andere. Practisch is het verschil tussen de stroomdoorlatende of voorwaartsrichting en de richting met hoge weerstand of sperrichting een factor 10^3 – 10^4 .

Anderzijds is het verschil in voorwaartsstroom en sperstroom bij de hoofdvacuümdiode een factor 10^6 .

De weerstand in de sperrichting van de halfgeleiderdiode heeft dus een waarde die, alhoewel groot, toch enige orden kleiner is dan die van de vacuümdiode. Theoretisch is af te leiden, dat de afhankelijkheid van stroom en spanning van de hier omschreven sperlaag kan worden weergegeven door een formule van de volgende gedaante:

$$i = i_s \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right),$$

waarin i is de stroom die door de diode vloeit voor een bepaalde waarde van V . In deze formule is i_s de stroom die optreedt bij zeer grote negatieve spanningen; het is de verzadigingsstroom in de sperrichting.

Aan deze theoretische karakteristiek blijkt nu practisch slechts over een beperkt deel te worden voldaan. Bij toenemende negatieve spanningen laat de diode meer stroom door dan overeenkomt met i_s —. Deze stroom blijkt bovendien zeer sterk afhankelijk te zijn van de temperatuur waarop zich het stuk halfgeleider met de sperlaag bevindt. Zonder hier op de aard van deze stroom in te gaan, kan worden vermeld dat de weerstand van de halfgeleider bij toenemende temperatuur kleiner wordt, omdat door de aangelegde spanning en de temperatuur in het materiaal paren van electronen en „gaten” worden gevormd die mede oorzaak zijn dat een zekere kleine stroom vloeit in de sperrichting van de sperlaag. Wordt de tegenspanning verhoogd, dan wordt ook het aantal der electronen en gaten groter. Daar nu nadat paren „gaten” en electronen worden gevormd onder invloed der aangelegde spanning, waardoor de ohmse weerstand kleiner wordt, onder invloed van de toenemende stroom het materiaal zich verwarmt en door deze verwarming weer nieuwe electronen en gaten ontstaan, is het duidelijk dat met toenemende sperspanning en/of temperatuur, de stroom steeds verder van de theoretische waarde zal gaan afwijken. Er komt een ogenblik waarop de vermeerdering van de ladingdragers het karakter van een lawine krijgt, waardoor de weerstand van halfgeleider en sperlaag tot een kleine waarde wordt gereduceerd en een grote stroom door de sperlaag vloeit. De dynamische weerstand is op dit punt nul. Het is evenwel duidelijk, dat het hier optredende verschijnsel niet identiek behoeft te zijn met elektrische doorslag. De oorspronkelijke eigenschappen zullen zich volledig kunnen herstellen als de spanning weer een lagere waarde aanneemt. Anderzijds is het duidelijk dat bij deze spanning een zeer grote ver-



Fles met germaniumdioxide-poeder; daarnaast een schuitje met zeer zuiver germaniumdioxide.

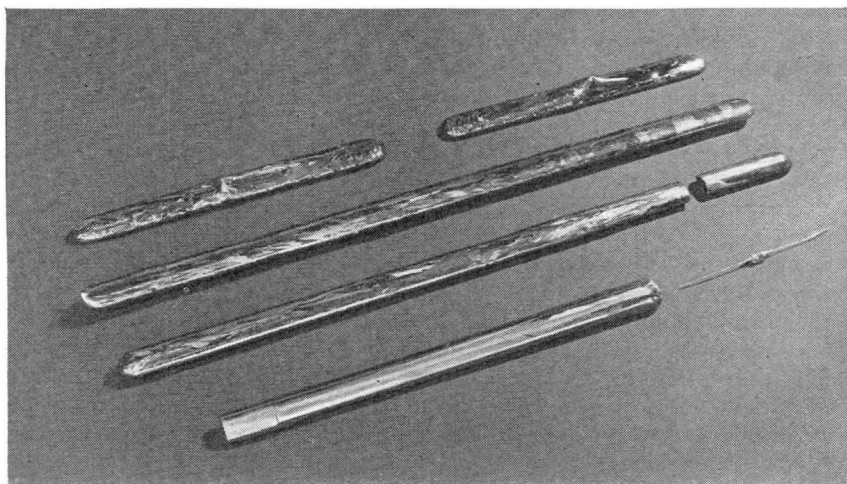
die van een metaallaag worden voorzien en op een drager worden vastgesoldeerd.

Na behandeling van het oppervlak van het germanium wordt tegenover het gemonteerde stukje een dun draadje „whisker” gemonteerd, dat

warming van de halfgeleiderdiode kan optreden indien de stroom blijvend is. De ontwikkelde warmte heeft dan tot gevolg, dat chemische veranderingen in de halfgeleider plaats grijpen en dat doorslagverschijnselen optreden, waardoor de diode blijvend wordt beschadigd.

Fabricage van germaniumdioden

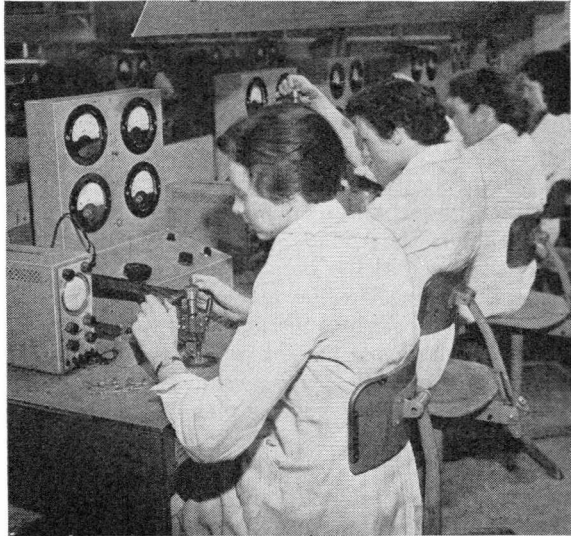
Voor de fabricage van Philips germaniumdioden wordt uitgegaan van zeer zuiver germaniumdioxide, een wit poeder. Dit poeder wordt met behulp van zeer zuivere, droge waterstof gereduceerd tot het metaal germanium, dat na smelten en koelen het uiterlijk heeft van een zilverwit, glanzend metaal. Het zuivere germanium wordt verdeeld in enkele mm grote stukjes,



Drie staven polykristallijn germanium, daaronder een staaf germanium in éénkristal-vorm en een germaniumdiode.

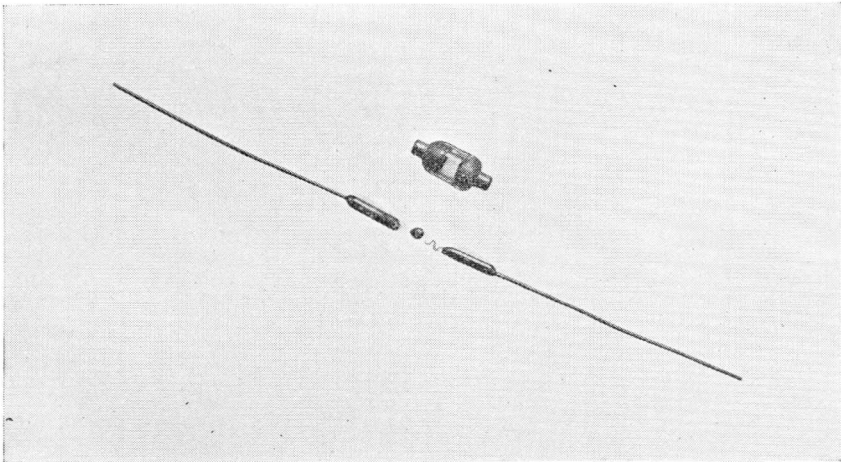
met de punt op het germanium drukt. Het geheel is aldus samengebouwd tot een germaniumdiode, die daarna elektrisch wordt geformeed. De dioden worden dan gecontroleerd en gemerkt.

Omdat de diode geheel omgeven is met lucht, en het contactpunt niet in aanraking is met andere stoffen, is zij stabiel en heeft zij een lange levensduur. Binnendringen van vreemde stoffen, b.v. afkomstig van soldeer, wordt door de ingesmolten constructie voorkomen.



Een onderdeel van de vervaardiging van germaniumdioden.

Het germanium, dat bekend staat als een zeldzaam metaal, is in 1886 door Winkler ontdekt, nadat Mendelew in 1869, bij het opstellen van het periodiek systeem der elementen, het bestaan van dit element voorspeld had en enige eigenschappen ervan in getallenwaarde had opgegeven. Hij



Germaniumdiode uiteengelegd in de samenstellende delen.

had het nog onbekende element de naam „eka-silicium” gegeven. Dat dit element een zeer bruikbare halfgeleider is, is echter eerst enkele tientallen jaren geleden ontdekt.

Toen de laatste jaren de vraag naar germanium steeds groter werd, is een uitgebreid onderzoek ingezet naar het vóórkomen en de vindplaatsen van germaniummineralen. Merkwaardigerwijze is hierbij gebleken, dat het zo zeldzaam geachte element in het geheel niet zo uitzonderlijk schaars is. Germaniumverbindingen als argyrodiet en germaniet komen, voorzover nu bekend, inderdaad slechts zelden voor. Germanium bleek echter, zij het in zeer kleine hoeveelheden, als sporenelement voor te komen in vele mineralen. De hoeveelheid wordt thans geschat op een gemiddelde van 7 gram per ton mineraal.

Twee bronnen zijn het welke in hoofdzaak als leverancier van het germanium aan de electronische industrie in aanmerking komen. In de eerste en nog steeds voornaamste plaats zijn dit de zinkfabrieken, die het germanium winnen uit het afval der zinkfabricage; ten tweede komt als leverancier de grootverbruiker van steenkool in aanmerking, daar ook steenkolenas een betrekkelijk hoog percentage germanium bevat, dat daaruit met niet al te grote moeite gewonnen kan worden.

3. DE KARAKTERISTIEK VAN DE KRISTALDIODE

Uit theoretische beschouwingen blijkt de stroom die door het metaal halfgeleidercontact gaat, te kunnen worden beschreven door een vergelijking van de volgende vorm:

$$i = i_s \left(e^{\frac{qV}{kT}} - 1 \right),$$

welke voorgesteld is met de stippellijn in de volgende grafiek, fig. 2, waarin tevens met de getrokken lijn een karakteristiek voor een kristaldiode is getekend. Hierbij is i_s de verzadigingsstroom, die theoretisch bereikt zou worden bij oneindig hoge sperspanning. Aan een dergelijke karakteristiek nu zijn vier verschillende gebieden te onderscheiden, die van belang zijn voor verschillende toepassingen. Het gebied c , rondom het nulpunt, ongeveer reikend van spanningen van $-0,1$ V tot $+0,2$ V, voldoet vrijwel aan

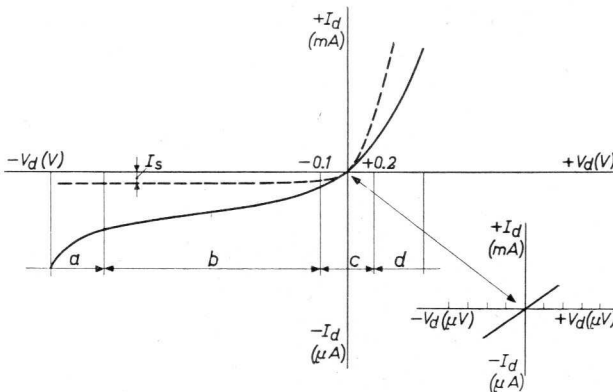


Fig. 2

de theoretische formule. Hier is het verband tussen stroom en spanning zuiver exponentieel (op het in fig. 2 afgebeelde vergrote deel der karakteristiek rondom de nulwaarden komen wij nog terug). In het gebied b in de sperrichting blijkt praktisch de tegenstroom steeds verder af te wijken van de theoretische asymptoot. De lengte van het gebied b , voor verschillende typen kristalioden, variërend van enkele volts tot honderd of meer volts, is voor vele toepassingen van fundamenteel belang.

Aansluitend aan het gebied b komt het gebied a , waarin deze afwijking snel aangroeit tot een grenswaarde die overeenkomt met doorslag, zonder dat echter steeds doorslag optreedt. Aan deze doorslagzijde zijn soms teruglopende karakteristieken gemeten, die echter voorlopig praktisch nog geen betekenis hebben.

Naar de zijde der positieve spanningen (gebied d), in de voorwaartsrichting dus, neemt de stroom iets minder dan exponentieel toe met de spanning. Bij grote spanningen kan een verzadiging optreden, die echter

veelal pas voorkomt boven de voor de diode maximaal toelaatbare belasting.

In fig. 3 is een karakteristiek van een kristaldiode vergeleken met de karakteristiek van een vacuümdiode. De steilheid van de karakteristiek van de vacuümdiode kan, al naar gelang de constructie van deze, zeer verschillend zijn. Er zijn vacuümdioden waarvan de weerstand in de voorwaartsrichting de voorwaartswaerstand van de hier behandelde germaniumdioden nabij komt.

Bij het vergelijken van beide karakteristieken vallen de volgende bijzonderheden op, die weer van belang zijn voor sommige toepassingen van kristaldioden. Ten eerste neemt voor de vacuümdiode de stroom regelmatig toe met de spanning, met een bedrag per volt dat gewoonlijk geringer is dan de overeenkomstige toeneming voor een kristaldiode. Hierbij zij opgemerkt, dat deze karakteristieken statisch gemeten zijn. De karakteristiek van de kristaldiode in de voorwaartsrichting vertoont een exponentiële toeneming van I_d met de spanning.

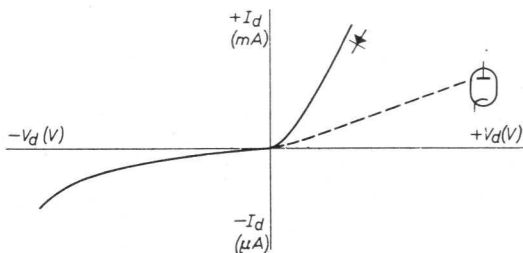


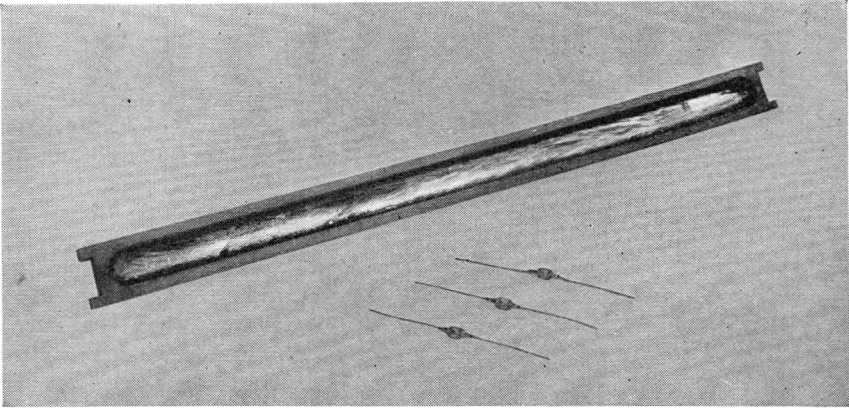
Fig. 3



Het solderen van germaniumkristal op houder.

In de sperrichting is voor niet te kleine negatieve spanningen voor de vacuümdiode de stroom nul, terwijl de kristaldiode in de sperrichting een stroom doorlaat die voor niet al te grote negatieve spanningen weliswaar veel kleiner is dan de stroom in de voorwaartsrichting, maar waarmee men toch voor vele toepassingen rekening dient te houden.

Ondanks vele elektrische en mechanische voordelen van de kristaldiode ten opzichte van de vacuümdiode, kan de kristaldiode niet in alle schakelingen de vacuümdiode zonder meer vervangen; er zijn namelijk schake-



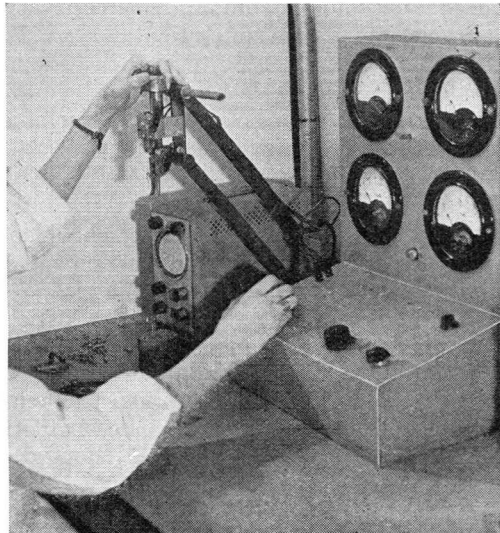
Staa-kristallijn germanium met 3 germaniumdioden.

lingen aan te wijzen, waarin vervanging van een vacuümdiode door een kristaldiode niet tot een goed resultaat zou leiden.

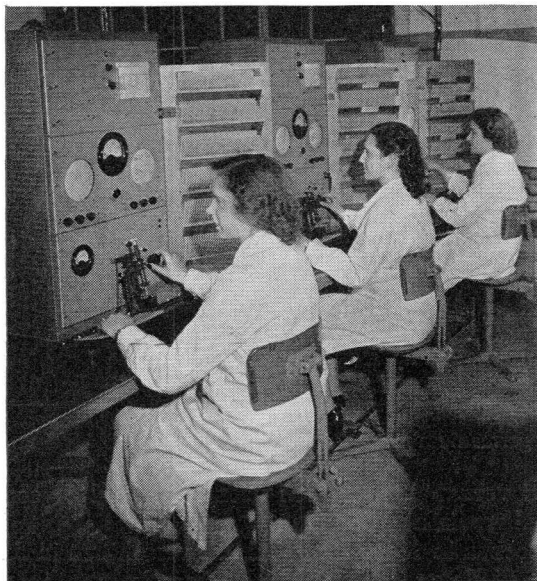
De oorzaak hiervan is te zoeken in de reeds aangeduide verschillen in de karakteristieken van vacuümdiode en kristaldiode. De hoogvacuümdiode verdraagt, al naar gelang de constructie, min of meer hoge negatieve spanningen tussen de anode en de katode. Bij de kristaldiode daarentegen heeft bij relatief lage spanning, de karakteristiek in de sperrichting een punt waarbij de dynamische weerstand nul wordt.

Een andere oorzaak is gelegen in het verloop der karakteristieken van kristaldiodes met de temperatuur. Aangezien voor verschillende diodes dit verloop niet altijd gelijk is, moet men, speciaal in schakelingen waarbij verscheidene kristaldiodes in symmetrische opstelling aanwezig zijn, met dit verloop rekening houden en eventueel maatregelen nemen om het te compenseren.

Wij willen nog ingaan op de in fig. 3 weergegeven verhoging van de diodekarakteristiek in de onmiddellijke nabijheid van de oorsprong,



Het formeren van een germaniumdiode.



Contrôle van germaniumdioden aan het einde van het fabricageproces

voor spanningen van 0 V tot ongeveer $10 \mu\text{V}$. Voor deze zeer lage spanningen blijkt, bij nauwkeurige meting der karakteristiek rondom het nulpunt, het verband tussen stroom en spanning lineair te worden. Voor deze zeer kleine spanningen gedraagt de kristaldiode zich dus als een zuiver ohmse weerstand. Het gevolg hiervan is, dat zeer kleine wisselspanningen door de diode niet meer worden gelijkgericht, en dat voor deze spanningen de detectiewerking dus afwezig is. In ontvingschakelingen zal op plaatsen waar de veldsterkte van een zender niet meer groot genoeg is om een

voldoend signaal aan de diode op te wekken, de kristaldetector dus ook niet meer functionneren, omdat de detectiewerking ophoudt bij signaalspanningen van enige μV tot enkele tientallen μV . Met dit ophouden der detectiewerking dient ook rekening te worden gehouden bij het gebruik van kristaldiodes in schakelingen waarin met behulp van diodes spanningen worden vergeleken die weinig van elkaar verschillen.

Tenslotte willen wij nog opmerken, dat het bij het vergelijken van de hoogvacuümdiode en de kristaldiode nuttig is in het oog te houden, dat de hoogvacuümdiode een zeer eenvoudige buis is, en dat voor het vervaardigen van een hoogvacuümbuis met verscheidene functies, waaronder één of meer diode-functies, slechts het bijplaatsen van één of meer anodeplaatjes tegenover een deel van de kathode nodig is.

Na deze discussie over de karakteristiek, is het wellicht nuttig een opsomming te geven van de belangrijkste elektrische en mechanische verschillen tussen de germaniumdiode en de hoogvacuümdiode, daar men hieruit belangrijke conclusies kan trekken ten aanzien van de toepassing; deze conclusies zullen in volgende hoofdstukken worden toegelicht.

4. ALGEMENE EIGENSCHAPPEN VAN DE GERMANIUMDIODE, VERGELEKEN MET DIE VAN DE HOOGVACUÛMDIODE

Ten opzichte van een hoogvacuümdiode biedt de germaniumdiode de volgende voordelen:

1. De afwezigheid van een gloeidraad is een groot voordeel in apparatuur waarin alleen dioden worden gebruikt, of waarin het voeden van een gloeidraad zou moeten geschieden via lange leidingen.
2. In schakelingen waar tussen de katode en het chassis een hoge impedantie aanwezig is, kan een hoogvacuümdiode aanleiding geven tot brom en microfonie. Bij een germaniumdiode heeft men deze moeilijkheid uiteraard niet.
3. Het is uiterst eenvoudig een germaniumdiode op te nemen in een schakeling (geen buishouder, slechts twee aansluitingen).
4. De germaniumdiode heeft zeer kleine afmetingen en een gewicht van circa 1,1 gram. Dit is vooral van belang wanneer men de diode tezamen met andere onderdelen in een bepaalde omhulling wil opnemen (b.v. in een speleneenheid).

Hoewel omtrent de levensduur van kristaldiodes nog geen gefundeerde uitspraak kan worden gedaan, staat wel vast dat deze levensduur zo lang is, dat de toegankelijkheid van de diode een factor is waarmede geen rekening behoeft te worden gehouden in verband met eventuele remplace. Het voordeel der geringe massa kan dan ook mechanisch-constructief ten volle worden benut.

5. De germaniumdiode heeft een zeer lage shuntcapaciteit, welke bij normaal gebruik een waarde heeft van slechts circa 1 pF. Een kleine shuntcapaciteit is gunstig wanneer de belasting eveneens een kleine capaciteit heeft.
6. In de voorwaartsrichting is de inwendige weerstand van een germaniumdiode kleiner dan die van speciale hoogvacuümdiodes, welke zijn ontworpen voor het gebruik met lage belastingsweerstand.
7. De $I_d - V_d$ karakteristiek van de germaniumdiode gaat door de oorsprong, d.w.z. bij kleine signaalspanningen (grootte-orde enkele tienden volt) heeft men een gunstig rendement en geringe demping op de signaalbron. In meetschakelingen is het niet nodig een compensatie aan te brengen voor de aanloopstroom, hetgeen bij een hoogvacuümdiode vaak wél nodig is.

Naast deze voordelen nu staan een reeks eigenschappen, die onder bepaalde omstandigheden oorzaak kunnen zijn dat, ondanks de bovengenoemde voordelen, de germaniumdiode niet kan worden toegepast.

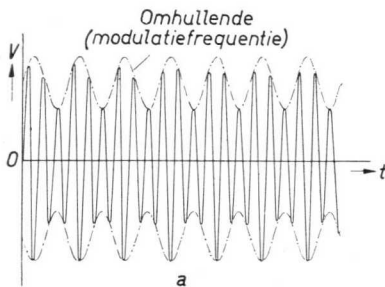
Deze eigenschappen zijn:

- a. Terwijl een hoogvacuümdiode in de terugrichting geen stroom doorlaat, vloeit, vooral bij hogere spanningen, in de germaniumdiode een merkbare stroom.

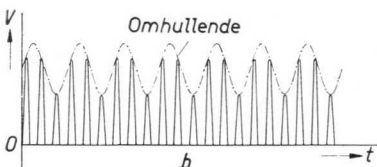
- b. De hoogvacuümdiode kan, al naar gelang de constructie, min of meer hoge negatieve spanningen tussen anode en katode verdragen. Bij de germaniumdiode is het verloop van de stroom-spanningkarakteristiek in de terugrichting zo, dat bij een bepaalde spanning de dynamische weerstand nul wordt. Bij de in dit opzicht beste dioden gebeurt dit bij circa 200 V.
- c. De karakteristiek van een germaniumdiode is zowel in de voorwaarts- als in de terugrichting vrij sterk afhankelijk van de temperatuur.
- d. In vergelijking met een hoogvacuümdiode, vertoont de karakteristiek van de germaniumdiode in de voorwaartsrichting een kleiner verloop met de tijd, doch een groter verloop met de tijd in de sperrichting.

Belangrijk is, dat bij verscheidene germaniumdioden die werken onder gelijke omstandigheden, dit verloop niet altijd even groot is. Dit kan in symmetrische schakelingen moeilijkheden opleveren.

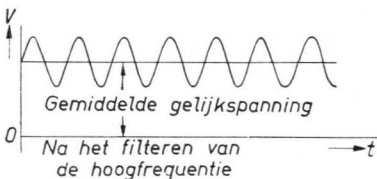
Tenslotte zij er op gewezen dat een germaniumdiode lichtgevoelig is. Dit kan in een opstelling waarin de diode belicht wordt met een lichtbron die is aangesloten op wisselspanning, aanleiding geven tot brom.



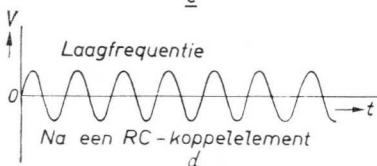
Voor de gelijkrichting



Na de gelijkrichting



Na het filteren van de hoogfrequentie



Na een RC-koppelingselement

Fig. 4

Gelijkrichting in het algemeen

Aangezien germaniumdioden, evenals hoogvacuümdiodes, de eigenschap hebben de stroom slechts in één richting door te laten, en zowel de demodulatie van gemoduleerde hoofdfrequentietrillingen als de voedingsgelijkrichting op deze eigenschap berusten, willen wij hier de grondbegrippen die bij de gelijkrichting in het algemeen van belang zijn naar voren brengen.

Indien een diode wordt gebruikt voor demodulatie, dan wordt aan die diode een signaal toegevoerd, dat bestaat uit een hoogfrequentiedraag golf waarop de overgebrachte laagfrequentietrilling is gesuperponeerd. In fig. 4 is een dergelijke trilling afgebeeld. Omdat de diode slechts in één richting stroom doorlaat, heeft de trilling na het verlaten van de diode de vorm gekregen die is afgebeeld in fig. 4b. Hierbij zijn dus de onderste halve perioden ver-

dwenen, en resten de bovenste halve perioden, waarvan de amplituden variëren overeenkomstig de laagfrequentietrillingen die daarop gedrukt zijn.

De diode is aangebracht in een schakeling die bestaat uit een condensator en een weerstand welke zodanig zijn gedimensioneerd, dat alleen de hoogfrequentiegolf helften worden afgevlakt. Over de weerstand blijft dan een gelijkspanning welke schommelt in het ritme van de laagfrequentietrilling. Wordt deze schommelende gelijkspanning toegevoerd aan een koppel-element dat bestaat uit een condensator en een weerstand, dan wordt de gelijkspanning door de condensator geblokkeerd en ontstaat over de weerstand een laagfrequentiewisselspanning van de frequentie waarmee de draaggolf gemoduleerd was (fig. 4c en d).

De schakeling van een voedingsgelijkrichter is in principe gelijk aan die van een gelijkrichter voor H.F. of M.F. signalen. De wisselspanning van het net, eventueel door een transformator op de juiste waarde gebracht, wordt gedurende halve perioden door de diode doorgelaten. In de belasting loopt, indien zij zuiver ohms is, een pulserende stroom. Een in het circuit opgenomen condensator veroorzaakt ook hier een afvlakking.

De werking van de gelijkrichtschakeling, en de stromen en spanningen welke aan de diverse onderdelen daarvan optreden, kunnen als volgt worden verklaard:

In fig. 5a is weergegeven een schema van een schakeling voor gelijkrichting met behulp van een diode, een condensator en een weerstand. In serie met de diode staat de generator G , die een sinusvormige wisselspanning opwekt. Wij veronderstellen dat de weerstand van de generator en van de diode in de stroomdoorlatende richting verwaarloosbaar klein is t.o.v. de weerstand R . Aangenomen wordt dat in de stroomsperrende richting deze weerstand oneindig groot is.

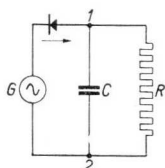


Fig. 5a

In fig. 5b is weergegeven het verloop van de spanning met de tijd over de weerstand R , gemeten over de punten 1-2, bij afwezigheid van de condensator C . In de halve perioden t_1-t_2 , t_3-t_4 wordt de stroom doorgelaten en vertoont de spanning over de punten 1-2 het getekende verloop.

Wordt nu de condensator C aangebracht tussen de punten 1 en 2, dan vormt het verloop van de spanning met de tijd aan die punten over de weerstand R een geheel ander beeld, dat is weergegeven in fig. 5b onder. Een positieve spanningsstoot aan klem 1 zal nu de condensator C opladen; dit zal doorgaan tot de spanning haar maximum overschrijdt, waarna de condensator zich over de weerstand R ontlad. De spanning volgt dus de getrokken lijn van de tekening, 5b, en zal met een snelheid welke afhangt van de grootte van weerstand R blijven dalen tot de

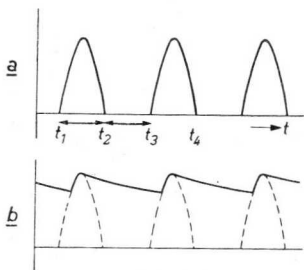


Fig. 5b

volgende positieve halve periode de condensator weer oplaadt en het spel zich herhaalt.

De condensatorspanning schommelt dus tussen grenswaarden. Over de condensator staat een gelijkspanning waarop een wisselspanning is gesuperponeerd. De grootte van deze gesuperponeerde wisselspanning, die bij voedingsgelijkrichters de naam rimpel heeft, hangt nu af van de dimensionering der verschillende onderdelen. Hoe groter de weerstand R , hoe kleiner de stroom door R , des te minder wordt aan de condensator onttrokken, en des te kleiner is dus de rimpel.

De spanning tussen anode en katode van de diode bestaat uit drie delen. Tussen beide staat ten eerste de spanning van de transformator V_{TR} ; aan één uiteinde van de transformatorwinding bevindt zich de anode; de katode is met het andere uiteinde verbonden via de condensator C . Ten tweede staat op punt 2 van de condensator een negatieve gelijkspanning, en dus, via de transformatorwinding, ook op de anode. Verder is er de rimpelspanning tussen anode en katode.

Als gevolg van het gelijktijdig aanwezig zijn van deze drie spanningen, bevindt zich gedurende de negatieve halve perioden van de transformatorspanning een hoge negatieve spanning tussen anode en katode. Als de negatieve halve golf door haar maximum gaat, is de negatieve spanning tussen anode en katode het grootst. Dan voegt zich namelijk de negatieve

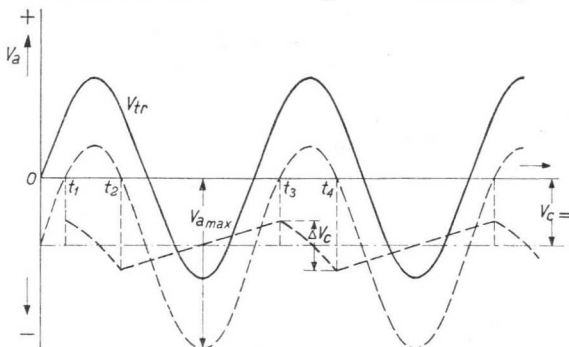


Fig. 6

gelijkspanning, welke aan de buffercondensator ligt, bij de negatieve transformatorspanning. Gedurende de positieve halve perioden komt de negatieve gelijkspanning in mindering van de positieve transformatorspanning, zodat de spanning tussen anode en katode laag positief is.

In fig. 6 is dit spanningsverloop aan de anode van de diode uitgezet met de tijd. In de tussenpozen t_1-t_2 en t_3-t_4 wordt de spanning aan de anode positief en wordt de condensator opgeladen. In die tussenpozen stijgt de condensatorspanning met de waarde van ΔV_c , tot op het tijdstip $t_2(t_4)$ de anodespanning dus meegaat en de condensator zich weer gaat ontladen in de tussenpozen t_2-t_3 en $t_4 \rightarrow$.

De tussenpozen t_1-t_2 en t_3-t_4 , waarin de condensator wordt geladen, zijn korter dan de tussenpozen t_2-t_3 , waarin de condensator wordt ontladen. Aangezien in de intervallen t_1-t_2 evenveel lading in de condensator wordt ondergebracht als er in de intervallen t_2-t_3 aan wordt onttrokken, is het duidelijk, dat in betrekkelijk korte tijd de condensator moet worden geladen, hetgeen betekent dat de laadstroom van de condensator groter is

dan de ontladstroom. Daar de piekwaarde van de stroom gedurende het tijdsverloop t_1-t_2 nog belangrijk groter is dan de gemiddelde waarde gedurende dat tijdsverloop, zal men bij het ontwerpen van een gelijkrichter steeds rekening moeten houden met die piekstroom, en als deze een waarde aanneemt die groter is dan voor de diode toelaatbaar is, zal men door het aanbrengen van serieweerstand de piekstroom moeten begrenzen.

5. DE KRISTALDIODE ALS GELIJKRICHTER

Voor de toepassing van een germaniumdiode als netgelijkrichter door middel waarvan uit een wisselspanningsbron een gelijkspanningsbron wordt verkregen, is de lek van de diode niet van groot belang. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van de normale schakelingen waarin vacuüm- of gasgevulde dioden voorkomen. Ook spanningsverdubbeling of-verveelvuldiging, brugschakeling en meerfazige gelijkrichtschakelingen kunnen op conventionele wijze met germaniumdioden worden verwezenlijkt.

Het is evenwel niet mogelijk b.v. de gelijkrichtbuizen in radio-ontvangstoestellen zonder meer door germaniumdioden te vervangen, daar de germaniumdioden niet dezelfde spanningen in de sperrichting kunnen verwerken die voor vacuümdioden toelaatbaar zijn. Deze laatste dioden kunnen sperspanningen verdragen die slechts worden beperkt door de elektrische isolatie van het electrodensysteem in vacuüm. Waarden van verscheidene honderden volts zijn voor vacuümdioden geheel normaal.

De maximale sperspanning van germaniumdioden wordt begrensd door de waarde waarbij doorslag van de diode optreedt. Deze waarde verschilt enigszins voor verschillende typen dioden, maar bereikt toch nog niet de waarde die bij hoogvacuümdioden toelaatbaar is.

Voor een diode van het type OA 50, waarvan de maximaal toelaatbare spanning in de sperrichting gegeven is als 60 V, betekent dit, dat de effectieve waarde van de wisselspanning waarop de diode mag worden aangesloten een grootste toelaatbare waarde mag hebben van $\frac{60}{2\sqrt{2}} = 21$ V (fig. 7). Voor het gelijkrichten van net-

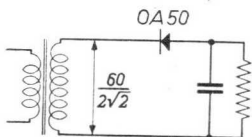


Fig. 7

spanningen in radio-apparaten zouden dus verscheidene dioden in serie geschakeld moeten worden.

Bij dit getalenvoorbeeld is verondersteld, dat de belasting van de diode bestaat uit een parallelschakeling van weerstand en capaciteit, met een tijdconstante die groot is ten opzichte van de duur van een periode van de wisselspanning. Bij belasting met een zuivere weerstand wordt bij dezelfde wisselspanning de momenteel optredende tegenspanning tweemaal zo klein. Men mag dan de effectieve waarde van de aangelegde wisselspanning met een factor 2 vergroten,

dus in het gegeven voorbeeld $\frac{60}{\sqrt{2}} = 42$ V (fig. 8).

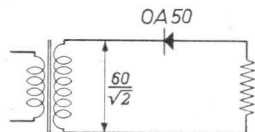


Fig. 8

Bij een tegenspanning van 60 V is de diode OA 50 voldoende ver verwijderd van het punt waar doorslag optreedt.

Germaniumdioden zijn dus aangewezen voor het gelijkrichten van wisselspanningen van enkele tientallen volts effectieve waarde, waarbij gelijkspanningen ontstaan van eveneens enkele tientallen volts. Vele toepassingen waarin een dergelijke gelijkrichter gebruikt wordt hebben een weerstand van lage waarde als belasting. De belastingsweerstand is dan ook ge-

woonlijk laag ten opzichte van de lekweerstand van de diode, waardoor de stroom in de lekweerstand verwaarloosd kan worden ten opzichte van de stroom in de belastingsweerstand. Een voor de meeste toepassingen voldoende afgevlakte gelijkspanning wordt dan met een dergelijke gelijkrichter verkregen wanneer de RC -tijd van laadcondensator en belastingsweerstand een waarde heeft van ongeveer $10 \times \frac{1}{f}$; voor een wisselstroomnet van 50 perioden dus een waarde 0,2, hetgeen voor een belastingsweerstand van 2000Ω neerkomt op een capaciteit van $100 \mu F$.

Wordt de gelijkrichter gebruikt voor het voeden van een belastingsweerstand van hoge waarde (b.v. 500.000Ω), dan speelt de stroom die door de diode in de sperrichting loopt een belangrijke rol. Het gelijkrichtingsrendement wordt door deze stroom ongunstig beïnvloed. De invloed van de weerstand in de sperrichting kan dan, zo nodig, worden verkleind door verscheidene dioden in serie te plaatsen (fig. 9).

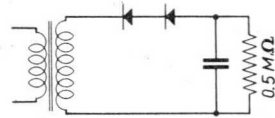


Fig. 9

Aangezien voor de meeste dioden de maximale weerstand in de sperrichting optreedt bij spanningswaarden van omtrent 10 V, worden bij hoge belastingsimpedanties de beste resultaten met germaniumdioden bereikt wanneer de ingangswisselspanning een zodanige waarde heeft, dat deze sperspanning niet wordt overschreden.

Een belangrijke vraag is, welke gelijkgerichte stroom nu van de diode afgenomen mag worden. Dit hangt ten nauwste samen met de verwarming van de diode, welke wordt veroorzaakt door de stroom die door de diode vloeit. Tenslotte is het echter de effectieve waarde van de stroom in de

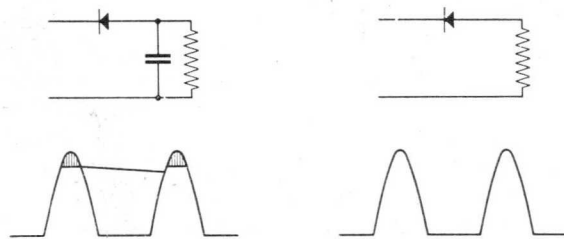


Fig. 10

diode die de verwarming bepaalt. Hieruit volgt, dat in een circuit met een belasting die bestaat uit de parallelschakeling van een weerstand en een condensator, bij dezelfde gemiddelde waarde van de stroom, de effectieve stroom een veel hogere waarde kan

hebben dan indien de belasting bestaat uit een weerstand (fig. 10). In het eerste geval worden namelijk in elke periode van de wisselspanning relatief korte laadstoten aan de condensator toegevoerd. De piekwaarde, en daardoor de vormfactor van de stroom, zijn dan in het algemeen hoger dan in het geval van zuiver ohmse belasting.

Om de bovengeschetste redenen zijn, voor elke diode, voor de gemiddeld afgegeven gelijkstroom en voor de piekwaarde van de diodestroom grenswaarden vastgelegd. Bij de diodentypen OA 50, OA 51, OA 53, OA 55 en

OA 56 is de maximaal toelaatbare waarde van de gemiddelde stroom 50 mA. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de additionele verwarming die optreedt door lekstroom. Al naar gelang de optredende tegenspanning, moet de gemiddelde stroom op een lagere waarde worden gehouden. De piekwaarde mag in normaal continubedrijf niet groter zijn dan 150 mA. Deze waarden corresponderen vrij goed met de verhouding tussen gemiddelde en piekstroom, die men heeft wanneer de diode is belast met een ohmse weerstand en de ingangswisselspanning sinusvormig is. Is echter de weerstand geshunt door een condensator, dan neemt bij dezelfde gemiddelde stroom de piekstroom een hogere waarde aan. Men moet dan de afgenomen gelijkstroom zover verlagen, dat de piekstroom het gespecificeerde maximum (150 mA) niet te boven gaat. Bij gegeven tijdconstante van de belasting, kan men de piekstroom ook verlagen door een weerstand in serie op te nemen met de diode of met de laadcondensator. Het zal dus kunnen voorkomen, dat de gelijkgerichte stroom die men uit een bepaalde schakeling mag krijgen, wordt begrensd door de toelaatbare piekstroom. Anderzijds is ook een situatie denkbaar waarin de tijden gedurende welke de diode geleidt, een groot deel uitmaken van de duur van een periode van de aangelegde wisselspanning. De verhouding tussen piekstroom en gemiddelde stroom zal dan een lage waarde hebben, en de maximale gemiddelde stroom die aan de diode mag worden onttrokken, wordt dan begrensd door de daarvoor aangegeven maximale waarde (rekening houdend met de aangelegde tegenspanning zonder dat de maximale piekstroom van 150 mA optreedt).

In het vorenstaande is herhaaldelijk sprake geweest van de maximaal toelaatbare waarden van de gemiddelde stroom en van de piekstroom in normaal continubedrijf. Het zal evenwel kunnen voorkomen, dat men gedurende korte tijd een grotere stroom aan de diode moet onttrekken, in het bijzonder bij het inschakelen van een gelijkrichtschakeling met laadcondensator, waarbij stromen zullen vloeien die aanmerkelijk groter zijn dan de toegestane maximale waarden voor continubedrijf. Hierin is voorzien door een grenswaarde vast te leggen voor de piekstroom die gedurende beperkte tijd mag vloeien. Bij de voren genoemde typen dioden bedraagt deze stroom (I_{surge}) 500 mA, behalve bij de OA 56, waar het toelaatbare maximum 400 mA is. Deze stroom mag gedurende ten hoogste één seconde in de diode vloeien. De schakeling dient steeds zodanig gedimensioneerd te zijn dat, b.v. bij kortsluiting, de stroom van 500, respectievelijk 400 mA, nooit kan worden overschreden. Het optreden van deze maximale piekstroom mag tevens geen deel uitmaken van de normale functie van de schakeling. Het is dus onjuist voor de bekrachtiging van een relais gebruik te maken van deze gedurende één seconde toelaatbare maximumstroom, tenzij het inschakelen van het relais normaal niet optreedt en dit relais b.v. onderdeel is van een alarm- of noodsignaalinrichting. Uiteraard moet de piekstroom gedurende 1 seconde ook gedaald zijn tot de daarvoor vastgelegde grenswaarde in continubedrijf nadat die seconde is verstreken.

In het normale geval zal de grootste piekstroom optreden bij het inscha-

kelen van een gelijkrichtschakeling met condensator (fig. 11). Na de eerste periode, waarin dan de maximale stroom van 500 mA mag vloeien, zal in de volgende perioden de stroom reeds tot onder deze waarde zijn gedaald. Het is dus alleen dán noodzakelijk een weerstand in serie met de diode op te nemen, als in verband met voorwaartsweerstand van de diode en de gelijk te richten wisselspanning een eerste laadpiek verwacht kan worden, welke 500 (400 mA) overschrijdt.

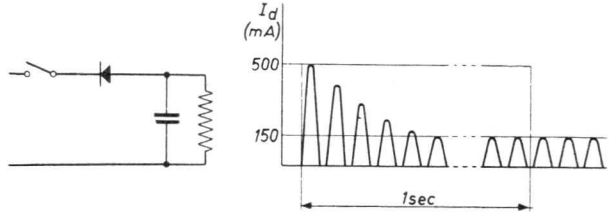


Fig. 11

Er is reeds op gewezen dat de gemiddelde stroom die men aan de diode mag onttrekken, ook afhangt van de tegen-

spanning die in normaal bedrijf van de diode komt te staan. Dit is ook duidelijk, want een germaniumdiode vertoont, in tegenstelling met een hoogvacuümdiode, een merkbare lek, waardoor, al naar gelang de grootte van de tegenspanning, de dissipatie in de diode zal toenemen. De maximale gemiddelde stroom die van de diode mag worden afgenomen als functie van de tegenspanning, is vastgelegd in een zogenaamde „derating” kromme (fig. 12).

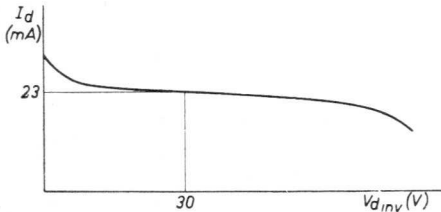


Fig. 12

In het gegeven voorbeeld mag bij een tegenspanning van 30 V de gemiddelde stroom niet groter zijn dan 23 mA. De tegenspanning is hier op te vatten als de maximum momentele waarde die in continubedrijf wordt be-

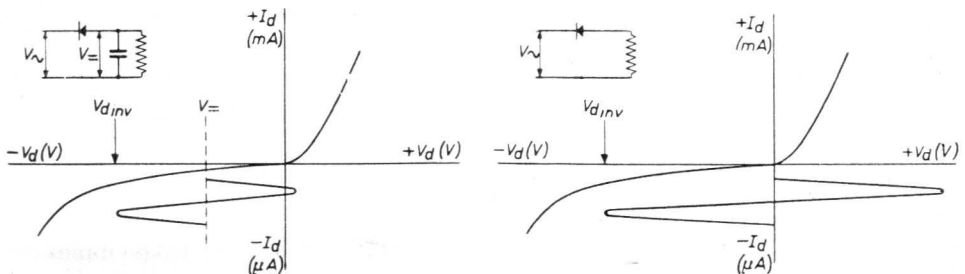


Fig. 13

reikt. De gemiddelde tegenspanning zal dus bij belasting met een parallelschakeling van weerstand en capaciteit aanmerkelijk lager zijn.

De maximale waarde van de wisselspanning die men aan de gelijkrichtschakeling mag aanleggen is begrensd door de karakteristiek van de diode in

de sperrichting. De momenteel optredende waarde van de tegenspanning mag de in de grensgegevens vermelde waarde van $V_{d_{inv}}$ niet te boven gaan. De diode mag op een aangelegde wisselspanning van ten hoogste die

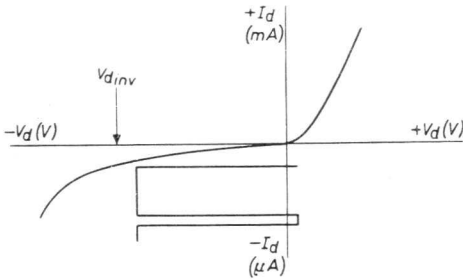


Fig. 14

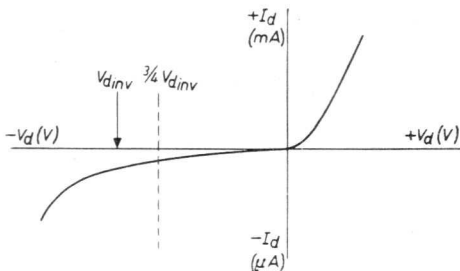


Fig. 15

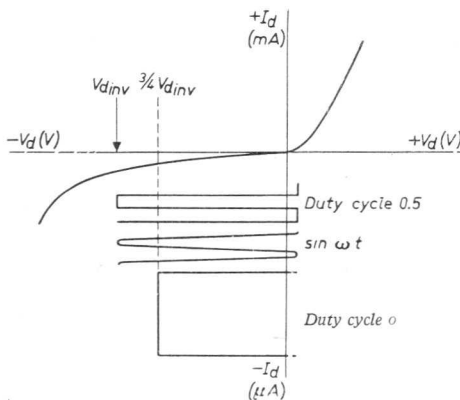


Fig. 16

waarde en met de vorengenoemde stromen in normaal continu-bedrijf worden gebruikt. Bij een bepaalde ingangswisselspanning en een zuiver ohmse belasting, zal de piekspanning in de sperrichting belangrijk lager zijn dan in het geval dat de belasting bestaat uit de parallelschakeling van weerstand en capaciteit. In het eerste geval (ohmse belasting) mag men dus een hogere wisselspanning aanleggen (fig. 13).

Het kan voorkomen, namelijk wanneer de ingangswisselspanning een rechthoekig verloop heeft en de tijd waarin de diode geleid zeer kort is ten opzichte van de duur van een periode, dat de diode over een relatief groot deel van de periode onderworpen is aan een grote tegenspanning. De lekstroom is dan voor lange tijd groot, en daardoor is ook de dissipatie groot (fig. 14).

In het extreme geval (duty cycle 0) staat een continue spanning in de sperrichting op de diode, en het is dan niet meer toelaatbaar deze spanning gelijk te kiezen aan de genoemde grenswaarde voor $V_{d_{inv}}$. In dit geval moet de spanning in de sperrichting begrensd blijven tot $3/4$ van de gespecificeerde $V_{d_{inv}}$ (fig. 15).

Bij een duty cycle 0,5 (symmetrische rechthoekspanning) mag de vermelde waarde van $V_{d_{inv}}$ weer worden aangehouden. Voor waarden van de duty cycle tussen

0 en 0,5 kan men, wat betreft de toelaatbare momentele spanning in de sperrichting, lineair interpoleren (fig. 16).

Behalve een waarde voor $V_{d_{inv}}$, is in de gegevens van elke diode ook een waarde vermeld voor de „turnover” spanning. Deze waarde dient men op te vatten als een door de fabrikant gegarandeerde minimumwaarde van de doorslagspanning. De werkelijke doorslagspanning zal gewoonlijk, vooral bij kamertemperatuur, een hogere waarde hebben, doch men dient te bedenken dat met stijgende temperatuur de doorslagspanning daalt. De diode mag uiteraard niet worden gebruikt in een schakeling waarin de momentele tegenspanning gelijk is aan de voor de „turnover” spanning gegeven waarde, daar bij deze spanning de lekstroom, en dus ook de dissipatie, sterk toenemen, waardoor de doorslagspanning daalt en doorslag optreedt. Het verschil tussen de waarden voor $V_{d_{inv}}$ en de „turnover” spanning is voldoende groot om de normaal voorkomende variaties in netspanning en dergelijke op te vangen. In het algemeen dient de schakeling waarin de dioden worden gebruikt zowel elektrisch als mechanisch zodanig te worden ontworpen, dat niet alle als maximum toelaatbare waarden van stroom, spanning en temperatuur gelijktijdig optreden.

6. DE GERMANIUMDIODE ALS SPECIFIEK SCHAKELELEMENT VOOR ZEER HOGE FREQUENTIES

Zoals reeds werd vermeld, is de moderne germaniumdiode het resultaat van een ontwikkeling die gericht was op het verkrijgen van een stabiele kristaldiode voor zeer hoge frequenties. Het oorspronkelijk speciaal hiervoor gebruikte element silicium wordt ook thans nog veelvuldig gebruikt voor deze dioden, hoewel ook met het element germanium een diode vervaardigd kan worden voor frequenties tot ~ 30.000 Mc. Voor het gebruik bij deze zeer hoge frequenties zijn in het bijzonder van belang een zeer lage shuntcapaciteit van de diode en een zeer geringe transit time. Bovendien dient een zekere traagheid in de beweging der gaten, die merkbaar langzamer bewegen dan de electronen in de kristallen, tot een minimum gereduceerd te zijn. Aangezien bij dit type kristaldioden een zeer kleine sperlaagcapaciteit mede is bereikt door een zeer geringe druk van de whisker tegen het kristal, zijn dioden van dit type mechanisch niet zeer sterk en dienen zij voorzichtig te worden behandeld. De kristallen vertonen bovendien een zeer geringe sperspanning en kunnen door kortstondige overbelasting hun eigenschappen verliezen.

Een puls van 10^{-7} seconde van te grote energie kan reeds fataal zijn. Deze kristallen moeten, wanneer ze niet gebruikt worden, in kortgesloten toestand worden bewaard in een metalen verpakking, daar de energie van een in de nabijheid werkende radarinstallatie reeds voldoende kan zijn om de diode onwerkzaam te maken.

Uiterlijk vertonen deze kristaldioden meestal een van de normale typen afwijkende vorm, doordat zij zijn gemonteerd in een houder welke deel uitmaakt van het circuit waarin de diode wordt gebruikt.

Deze houder is daarom mechanisch zeer nauwkeurig afgewerkt, en bij het monteren van de diode dient er daarom op te worden gelet dat de houder niet wordt vervormd. Aan deze dioden mag niet gesoldeerd worden.

In tegenstelling met de normale germaniumdioden, worden de gebruikseigenschappen van de dioden voor zeer hoge frequenties in hoofdzaak bepaald door de ruis en het conversieverlies. Het zijn dan ook deze waarden die door de fabrikant voor deze dioden worden vermeld, eerder dan de statische karakteristiek, die omtrent het gedrag van de diode weinig uitsluitel geeft.

Aangezien deze kristaldioden uitsluitend worden gebruikt in zeer gespecialiseerde apparatuur, zien wij er van af op de details, de applicaties en de typische problemen die daarbij naar voren komen, in te gaan.

7. DE KRISTALDIODE ALS DEMODULATOR VOOR IN DE AMPLITUDE GEMODULEERDE TRILLINGEN

Voor het gebruik van een germaniumdiode als demodulator voor in de amplitude gemoduleerde trillingen, zijn, behalve de eigenschappen van de diode, die in het algemeen van belang zijn voor het gebruik als gelijkrichter, nog enkele andere eigenschappen van betekenis, die bepalend kunnen zijn voor het al dan niet toepassen van germaniumdioden in bepaalde schakelingen.

Indien in een schakeling een germaniumdiode als demodulator moet

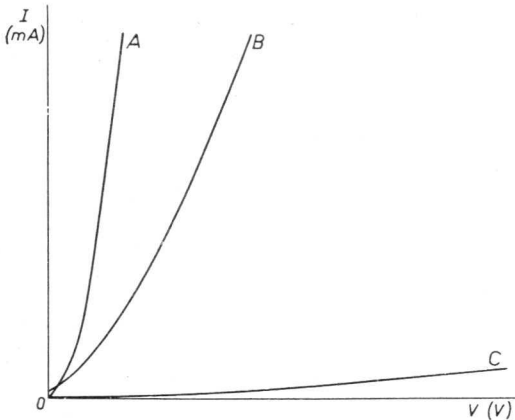


Fig. 17

worden gebruikt, zijn het in het bijzonder twee eigenschappen van de diode in de schakeling die de toepasbaarheid bepalen, namelijk het detectierendement van de diode en de demping die de diode uitoefent op de kring die de te detecteren energie levert.

Om een germaniumdiode te kunnen vergelijken met een hoogvacuümdiode, zijn in fig. 17 de karakteristieken weergegeven voor de doorlaatrichting van resp.:

- A. een germaniumdiode type OA 50,
- B. een diodesectie van de dubbele diode type EB 91,
- C. de diodesectie van de diode-pentode EAF 42.

De dioden van de buis EB 91 zijn speciaal ontwikkeld voor gebruik met de lage belastingsweerstand die noodzakelijk zijn in verband met de RC-tijd voor hoge frequenties bij videodetectie in televisie-ontvangers, en de EAF 42 is een buis die bestemd is voor normale radio-ontvangers, waarbij de belastingsweerstand van de diode in de regel een waarde heeft van circa 0,5 MΩ.

De beide hoogvacuümdioden van fig. 17 vertonen geen merkbare geleiding in de terugrichting. Germaniumdioden vertonen deze teruggeleiding wel, zoals blijkt uit fig. 18, waarin de stroom van de OA 50 in de sperrichting is uitgezet tegen de spanning, met de omgevingstemperatuur als parameter.

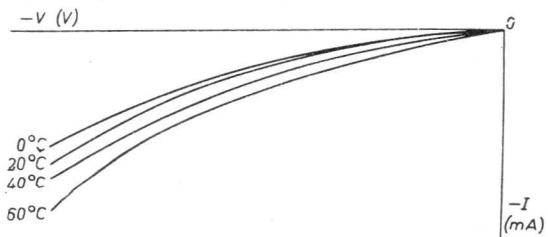


Fig. 18

Een veel gebruikte schakeling voor detectie is voorgesteld in fig. 19. De signaalspanning wordt hier geleverd door een generator, aangeduid met V_i , waarvan eenvoudigheidshalve wordt aangenomen, dat hij geen inwendige weerstand heeft. De tijdconstante van de belasting (R en C) wordt zeer groot verondersteld ten opzichte van de periode.

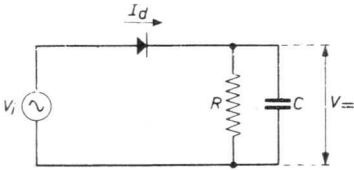


Fig. 19

via R , doch bovendien via de diode onttrokken lading een belangrijker deel uit van de gedurende de intervallen EF totaal afvloeiende lading. De schakeling stelt zich in op een evenwicht tussen de gedurende de intervallen DE toegevoerde lading en de gedurende de intervallen EF afgevoerde lading. Een toeneming van de lek via de diode heeft dan tot gevolg dat gedurende de intervallen DE de diode meer in het positieve gebied wordt gestuurd, en dus de aan de condensator ontwikkelde gelijkspanning afneemt. De verhouding van deze gelijkspanning tot de topwaarde van de toegevoerde wisselspanning wordt gewoonlijk aangeduid met detectiecoëfficiënt.

In dat geval is de rimpelspanning aan de condensator verwaarloosbaar klein. Bij gebruik van een germaniumdiode, kunnen de stromen en spanningen dan worden weergegeven als in fig. 20.

Men ziet in deze figuur, dat de condensator wordt geladen gedurende het interval DE . Tijdens het interval EF wordt echter niet alleen lading aan C onttrokken lekstroom van de germaniumdiode. Naarmate een hogere waarde heeft, maakt de

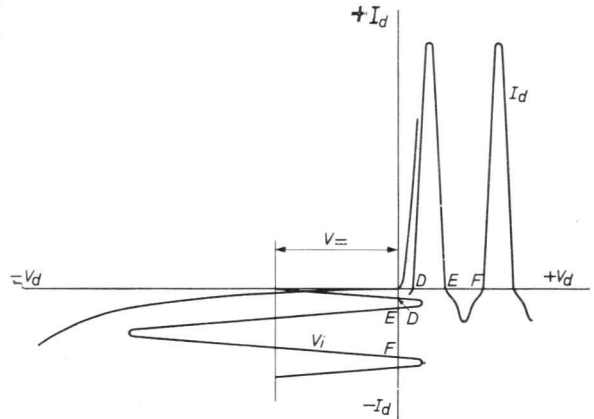


Fig. 20

In fig. 21 is de over de condensator ontwikkelde gelijkspanning uitgezet tegen de effectieve waarde van de signaalspanning (zie fig. 19). Deze krommen zijn opgenomen met een belastingsweerstand van $2\text{ k}\Omega$ en dezelfde dioden als die waarvan de karakteristieken zijn weergegeven in fig. 17, nl.:

- A. germaniumdiode OA 50,
- B. één diodesectie van EB 91,
- C. diodesectie van EAF 42.

Men ziet uit deze krommen, dat bij deze lage belastingsweerstand de

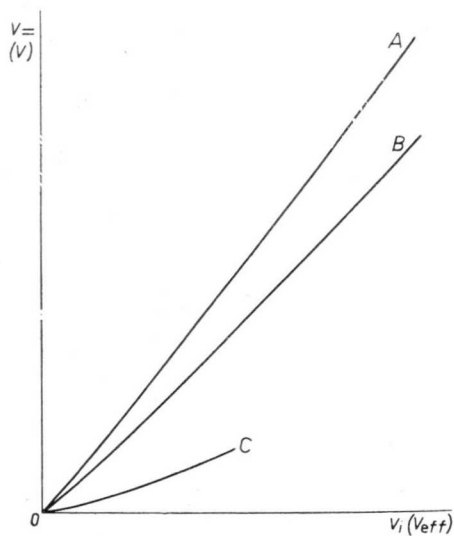


Fig. 21

de germaniumdiode, wat betreft detectierendement, het gaat verliezen van de hier als voorbeeld genomen hoogvacuümdioden, is uiteraard geleidelijk. Krommen voor een zeer veel hogere belastingsweerstand, nl. $0,5 \text{ M}\Omega$, zijn weergegeven in fig. 22.

Dat hier de lek van de germaniumdiode een grote rol speelt, kan men gemakkelijk zien aan de afneming in detectierendement bij toenemende omgevingstemperatuur. Bij temperaturen tot 40°C bestaan er tussen de drie dioden geen belangrijke verschillen. Er zij nog op gewezen, dat we hier, om het effect te illustreren, de germaniumdiode type OA 50 als voorbeeld hebben genomen. Bij andere typen, als de OA 51 en OA 61, is de lek veel geringer en zal men dus bij hoge belastingsweerstand een hoger detectierendement vinden.

Zou op grond van het boven-

gunstige voorwaartskarakteristiek van de germaniumdiode tot uiting komt in een beter detectierendement. Blijkbaar speelt hier de lek van de germaniumdiode nog geen rol van betekenis, hetgeen men ook kan afleiden uit het feit dat de kromme A onafhankelijk is van de omgevingstemperatuur, ten minste voorzover deze beneden de als maximum toelaatbare temperatuur van 60°C ligt. Kromme C toont duidelijk aan, dat de diode van de EAF 42 een slecht detectierendement geeft. Deze diode is tenslotte niet ontworpen voor het gebruik met lage belastingsweerstand.

Naarmate de belastingsweerstand hoger wordt gekozen, gaat de lek van de germaniumdiode een steeds grotere rol spelen. De overgang waarbij

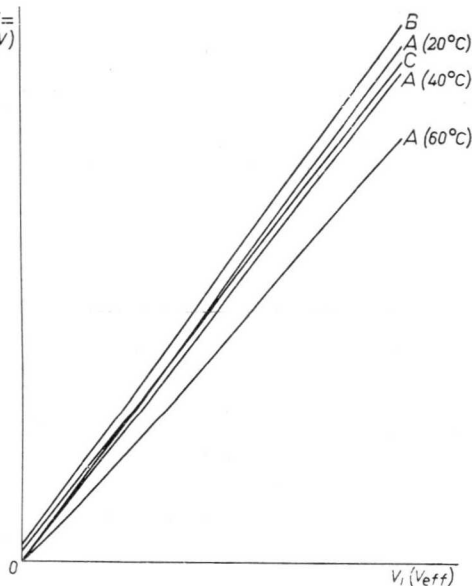


Fig. 22

$$\frac{1}{R} = \frac{2}{R_b} + \frac{3}{R_L} \quad \text{of} \quad R = \frac{R_b R_L}{2R_L + 3R_b}$$

De equivalente dempweerstand waardoor de afgestemde kring die het signaal levert wordt gedempt, bestaat dus uit de parallelschakeling van $\frac{1}{2}R_b$ en een weerstand $\frac{1}{3}R_L$. Het is zonder meer duidelijk dat, bij een hoge waarde voor R_b , de lekweerstand R_L een belangrijke bijdrage levert tot de totale dissipatie.

Nemen we als voorbeeld $R_b = 0,5 \text{ M}\Omega$ en $V_{d_{inv}} = 50 \text{ V}$ op een diode OA 50, dan is de gemiddelde R_L circa $0,25 \text{ M}\Omega$, bij een omgevingstemperatuur van 50° C . De equivalente dempweerstand wordt dan:

$$R = \frac{0,5 \times 0,25}{0,5 + 1,5} = 0,0625 \text{ M}\Omega = 62,5 \text{ k}\Omega,$$

terwijl dit bij een hoogvacuümdiode vrijwel $250 \text{ k}\Omega$ zou zijn.

Deze dempweerstand wordt nu echter kleiner met toenemende signaalspanning, hetgeen wordt veroorzaakt door het snel toenemen van de lek met toenemende inverse spanning, terwijl ook toeneming van de omgevingstemperatuur dezelfde invloed heeft. De verandering van de dempweerstand met de signaalspanning is te verminderen door verkleinen van de belastingsweerstand, daar dan de extra demping, veroorzaakt door de lek, snel afneemt. Bij juiste keuze van de omgevingstemperatuur en de aangelegde wisselspanning, bestaan er bij een belastingsweerstand tot enkele tienduizenden ohms geen belangrijke verschillen meer tussen een germaniumdiode en een hoogvacuümdiode van het type EB 91.

Bij signaalspanningen van $0,1$ tot $0,5 V_{eff}$ en een niet te hoge omgevingstemperatuur, vertonen germaniumdioden in de regel een beter rendement en een geringere demping dan hoogvacuümdioden. Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat hoogvacuümdioden dan in het aanloopgebied werken, waar het rendement klein is en de demping groot.

Uit de vorenstaande beschouwingen kan men wel concluderen, dat de germaniumdiode in het bijzonder geschikt is voor gebruik in schakelingen met een lage belastingsweerstand, waarbij een niet te hoge signaalspanning op de diode staat en de omgevingstemperatuur niet te hoog is.

Voor toepassing als detector in normale omroepontvangers kan een germaniumdiode dus slechts dan worden gebruikt, indien men een grote demping (met alle daaraan verbonden moeilijkheden) op de voorafgaande M.F. of H.F. kring accepteert. Deze demping kan men uiteraard verminderen door aan te sluiten op een aftakking van de voorgaande kring.

Als bijkomstige moeilijkheid krijgt men, dat de voor de A.V.C. nodige spanning moet worden afgenomen van een tweede diode, waarbij met hoge belastingsweerstand en zonder tap op de kring weliswaar de A.V.C. groot genoeg kan zijn, doch de demping nog verder wordt vergroot. Vermindert

men de demping door op de kring te tappen, dan is het moeilijk voldoende spanning voor een goede A.V.C.-regeling ter beschikking te krijgen.

Bij hoge frequenties (circa 10 MHz) kan men de prestaties van de germaniumdiode als detector niet goed meer uit de statische karakteristieken voorspellen. De afwijkingen die daarbij optreden kunnen het best worden geïllustreerd met behulp van in een praktische schakeling verkregen meetresultaten. Deze getallen zijn gebaseerd op metingen aan de schakeling van fig. 24 voor videodetectie in een televisie-ontvanger, waarin de speciaal als

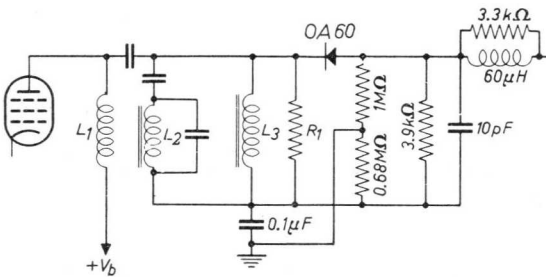


Fig. 24

videodetector ontwikkelde diode OA 60 is gebruikt. Gebruikt werd een belastingsweerstand van 3,9 kΩ, geshunt door een condensator van circa 10 pF. Met germaniumdiode type OA 60 en een wisselspanning van 5 V_{eff} meet men dan een detectierendement van 0,62 bij 30 MHz, en van 0,60 bij 70 MHz. Allereerst

blijkt, dat bij beide frequenties het detectierendement vrij laag is. Dit is toe te schrijven aan het feit, dat de tijdconstante van de belasting, vooral bij 30 MHz, niet meer zeer groot is ten opzichte van de duur van een periode, en bovendien aan de eigencapaciteit van de diode, die veroorzaakt dat een niet te verwaarlozen deel van de H.F. spanning over de belasting (20 pF) komt te staan. Het verschil in detectierendement bij de twee frequenties is op zichzelf niet groot. Dit is geheel anders met de demping die wordt veroorzaakt door de detectieschakeling op de voorgaande kring. Bij 30 MHz werd een demping gemeten van 2400 Ω, en bij 70 MHz werd dit 1450 Ω. Aangezien in beide gevallen de gelijkspanning over de belastingsweerstand vrijwel gelijk was, is de toeneming in demping bij 70 MHz te wijten aan extra verliezen in de germaniumdiode.

8. KORTE TOELICHTING OP DE GEPUBLICEEERDE DATA ¹⁾

1. *Capaciteit: C_{ak}*

Shuntcapaciteit van de diode.

2. *Minimum voorwaartsstroom: I_{dmin}*

Minimum voorwaartsstroom door de diode bij een opgegeven gelijkspanning.

3. *Maximum lekstroom: -I_{dmax}*

Maximum lekstroom door de diode bij een opgegeven gelijkspanning.

4. *Doorlaatweerstand: R_i*

Het quotiënt van spanning en stroom als onder 2. Daar de diode een niet-lineaire karakteristiek heeft, is de doorlaatweerstand afhankelijk van de aangelegde spanning.

5. *Sperweerstand: R_{iinv}*

Het quotiënt van spanning en stroom als onder 3. Daar de diode een niet-lineaire karakteristiek heeft, is de sperweerstand afhankelijk van de aangelegde spanning.

6. *Toelaatbare tegenspanning: V_{dinv}*

De maximale topwaarde hiervan is de waarde van de tegenspanning die in continubedrijf mag optreden.

7. *Turnover spanning: V_{dinv.p.}*

De tegenspanning waarbij de dynamische weerstand van de diode nul is. Een kleine overschrijding van deze spanning doet de lekstroom snel groter worden en kan blijvend nadelige gevolgen voor de diode hebben.

8. *Gemiddelde waarde van de gelijkgerichte stroom: I_d*

De maximumwaarde hiervan is de waarde van de gelijkstroom die in continubedrijf ten hoogste aan de diode mag worden onttrokken.

9. *Topwaarde van de gelijkgerichte stroom: I_{dp}*

De maximumwaarde hiervan is de topwaarde van de gelijkgerichte stroom welke in continubedrijf en bij een frequentie groter dan 25 p/s aan de diode mag worden onttrokken.

10. *Surge current: I_{surge}*

Gedurende korte tijd, niet langer dan 1 seconde, mogen de gemiddelde stroom en de piekstroom de onder *I_{surge}* opgegeven waarde hebben.

11. *Omgevingstemperatuur: t_{ambient}*

De dioden zijn normaal te gebruiken bij -50 °C tot 60 °C. De karakteristieken zijn enigszins afhankelijk van de omgevingstemperatuur. Overschrijding van de temperatuurgrenzen kan blijvende nadelige gevolgen voor de diode ten gevolge hebben.

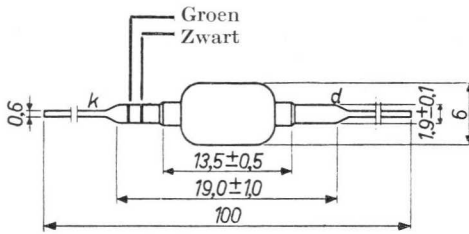
¹⁾ Voor een uitgebreide toelichting op de grensgegevens wordt verwezen naar het hoofdstuk over de diode als gelijkrichter.

KRISTALDIODE OA 50

Capaciteit $C_{dk} = 1,0 \text{ pF}$

Kenmerkende eigenschappen (bij 20°C)

$$\begin{aligned} I_d (V_d = +1 \text{ V}) &= \text{min. } 5 \text{ mA} \\ -I_d (V_d = -10 \text{ V}) &= \text{max. } 30 \text{ } \mu\text{A} \\ -I_d (V_d = -50 \text{ V}) &= \text{max. } 500 \text{ } \mu\text{A} \end{aligned}$$

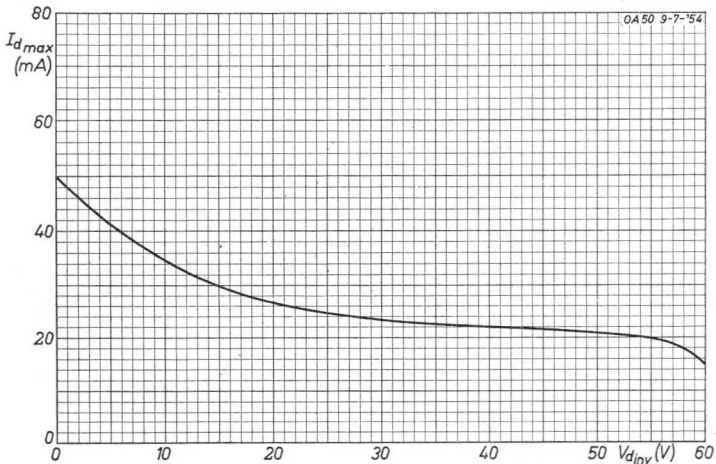


Afmetingen in mm.

Grenswaarden (bij 20°C) ^{1) 2)}

$$\begin{aligned} V_{d \text{ inv}} &= \text{max. } 60 \text{ V} \\ V_{d \text{ invp}} &= \text{max. } 75 \text{ V} \\ I_d &= \text{max. } 50 \text{ mA} \\ I_{d \text{ p}} &= \text{max. } 150 \text{ mA} \\ I_{\text{surge}} &= \text{max. } 500 \text{ mA}^3) \\ W &= \text{max. } 150 \text{ mW} \\ t_{\text{amb}} &= \text{max. } +60^\circ\text{C} \\ &= \text{min. } -50^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Netto gewicht 1 g

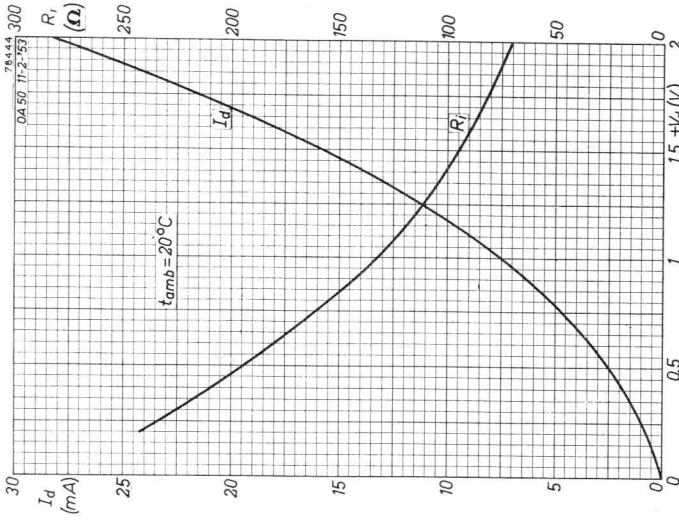


Het verband tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden van $V_{d \text{ inv}}$ en I_d (derating kromme)

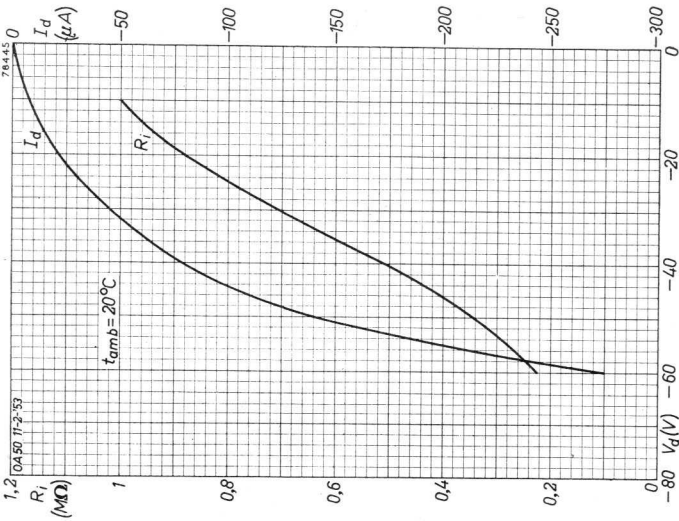
1) Het is niet toegestaan de diode te gebruiken onder omstandigheden waarbij de grenswaarden van spanning-stroom en temperatuur gelijktijdig optreden.

2) Voor de verhouding tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden voor $V_{d \text{ inv}}$ en I_d verwijzen wij naar de derating kromme. De hierin aangegeven waarden dienen te worden aangehouden. De kromme is opgesteld voor een omgevingstemperatuur van 20°C . Voor hogere temperaturen dient een extra derating van I_d , zijnde $\frac{20}{t_{\text{amb}}} \cdot I_{20}$, in rekening te worden gebracht.

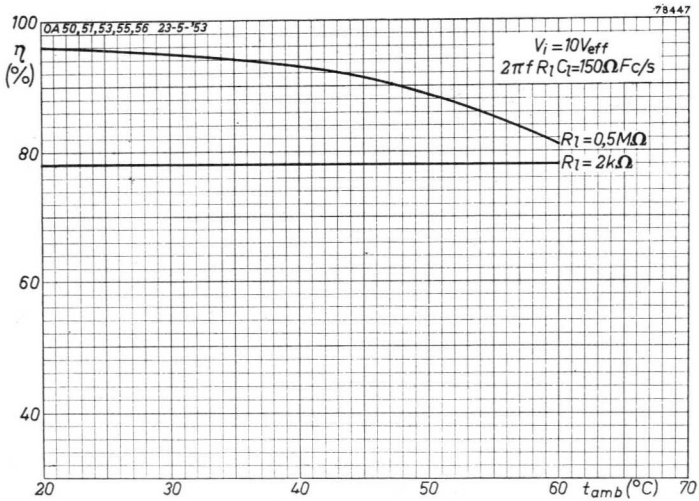
3) Gedurende ten hoogste 1 sec.



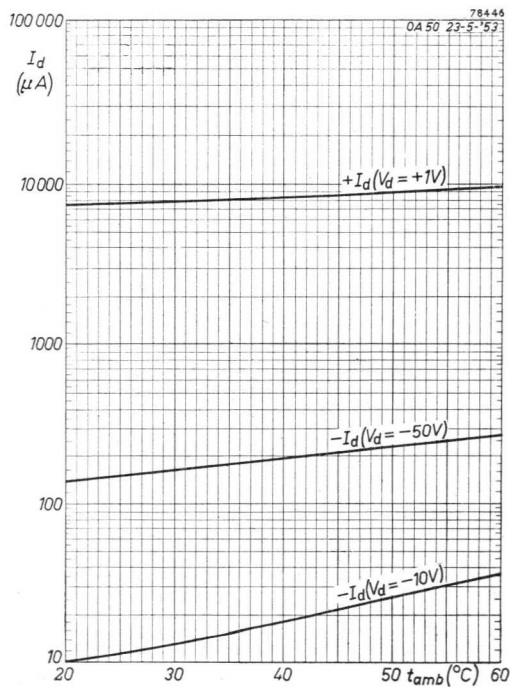
Voorwaartsstroom en weerstand als functies van de positieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van $20^\circ C$.



Lekstroom en sperweerstand als functies van de negatieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van $20^\circ C$.



Detectierendement als functie van de omgevingstemperatuur, met de belastingsweerstand als parameter.



Voorwaartsstroom en lekstroom als functies van de omgevingstemperatuur.

KRISTALDIODE OA 51

Capaciteit

$$C_{dk} =$$

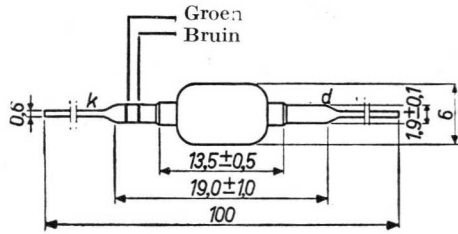
1,0 pF

Kenmerkende eigenschappen (bij 20 °C)

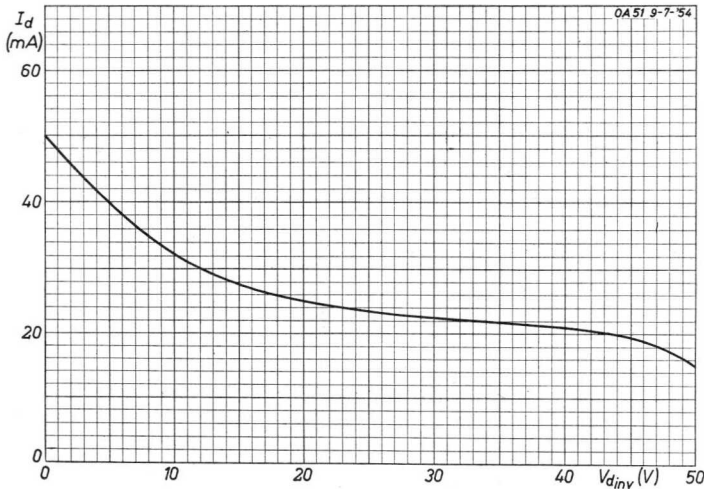
$$\begin{aligned} I_d (V_d = +1 \text{ V}) &= \text{min. } 5 \text{ mA} \\ -I_d (V_d = -10 \text{ V}) &= \text{max. } 7 \mu\text{A} \\ -I_d (V_d = -50 \text{ V}) &= \text{max. } 100 \mu\text{A} \end{aligned}$$

Grenswaarden (bij 20 °C)^{1) 2)}

$$\begin{aligned} V_{d \text{ inv}} &= \text{max. } 50 \text{ V} \\ V_{d \text{ invp}} &= \text{max. } 75 \text{ V} \\ I_d &= \text{max. } 50 \text{ mA} \\ I_{d \text{ p}} &= \text{max. } 150 \text{ mA} \\ I_{\text{surge}} &= \text{max. } 500 \text{ mA}^3) \\ t_{\text{amb}} &= \text{max. } +60 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= \text{min. } -50 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$



Netto gewicht 1 g

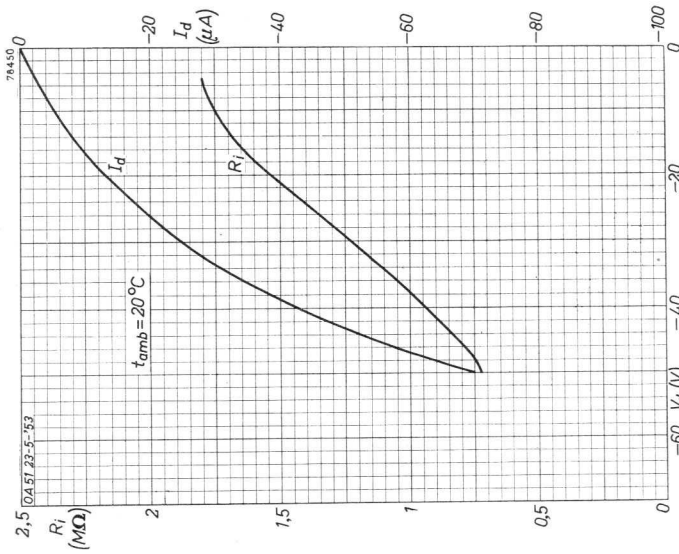


Het verband tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden van $V_{d \text{ inv}}$ en I_d (derating kromme)

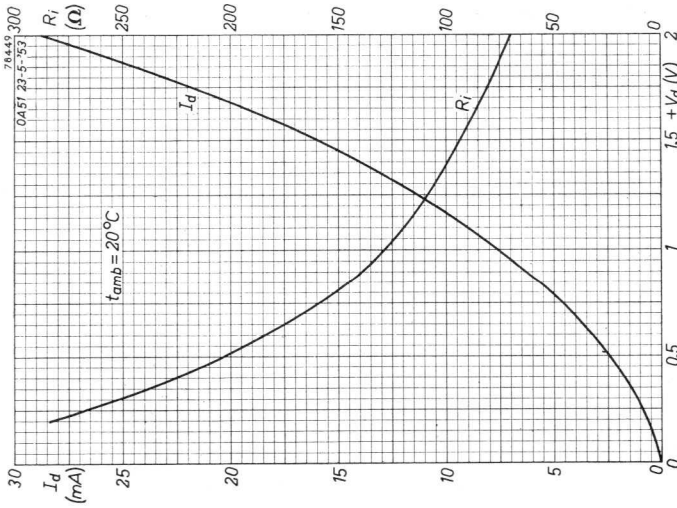
¹⁾ Het is niet toegestaan de diode te gebruiken onder omstandigheden waarbij de grenswaarden voor spanning, stroom en temperatuur gelijktijdig optreden.

²⁾ Voor de verhouding tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden voor $V_{d \text{ inv}}$ en I_d verwijzen wij naar de derating kromme. De hierin aangegeven waarden dienen te worden aangehouden. De kromme is opgesteld voor een omgevingstemperatuur van 20 °C. Voor hogere temperaturen dient een extra derating van I_d , zijnde $\frac{20}{t_{\text{amb}}}$, I_{20} , in rekening te worden gebracht.

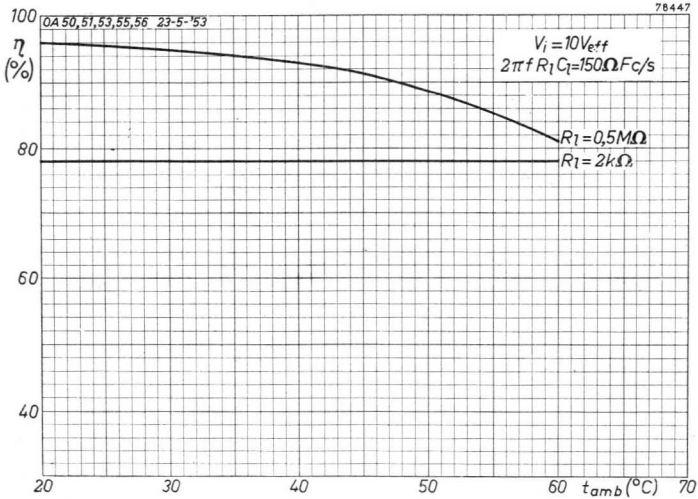
³⁾ Gedurende ten hoogste 1 sec.



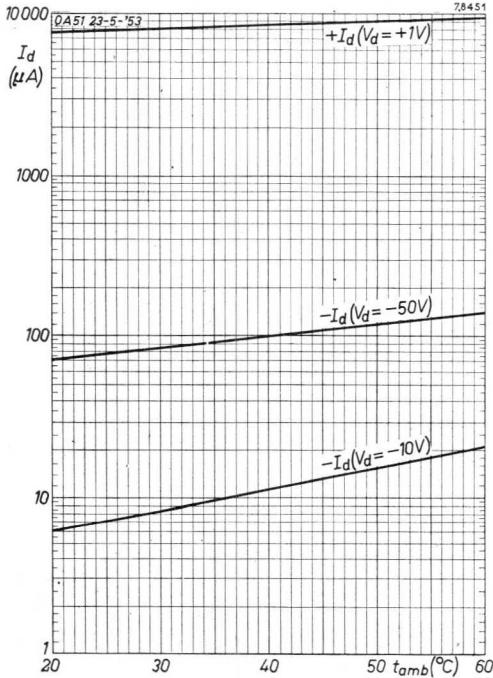
Lekstroom en spierweerstand als functies van de negatieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Voorwaartsstroom en weerstand als functies van de positieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Detectierendement als functie van de omgevingstemperatuur, met de belastingsweerstand als parameter.



Voorwaartsstroom en lekstroom als functies van de omgevingstemperatuur.

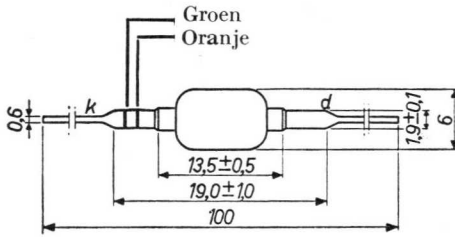
KRISTALDIODE OA 53

Capaciteit $C_{dk} = 1,0 \text{ pF}$

Kenmerkende eigenschappen (bij 20°C)

$$I_d (V_d = +1 \text{ V}) = \text{min. } 4 \text{ mA}$$

$$-I_d (V_d = -100 \text{ V}) = \text{max. } 600 \text{ }\mu\text{A}$$



Afmetingen in mm.

Grenswaarden (bij 20°C) ^{1) 2)}

$$V_{d \text{ inv}} = \text{max. } 100 \text{ V}$$

$$V_{d \text{ invp}} = \text{max. } 120 \text{ V}$$

$$I_d = \text{max. } 50 \text{ mA}$$

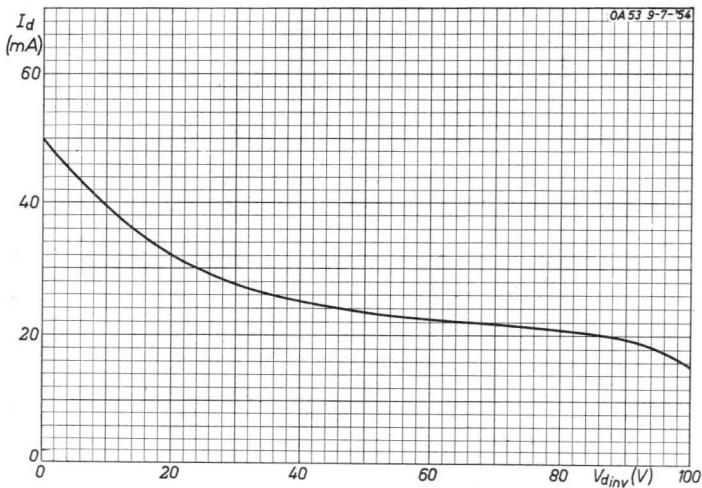
$$I_{dP} = \text{max. } 150 \text{ mA}$$

$$I_{\text{surge}} = \text{max. } 500 \text{ mA}^3)$$

$$t_{\text{amb}} = \text{max. } +60^\circ\text{C}$$

$$\text{min. } -50^\circ\text{C}$$

Netto gewicht 1 g



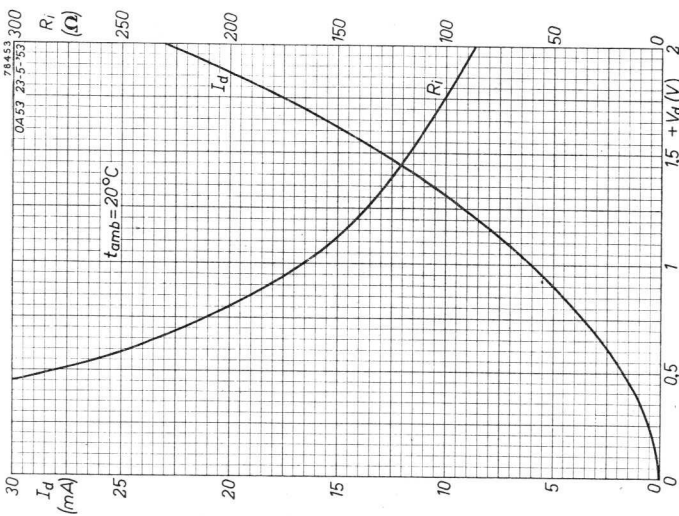
Het verband tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden van $V_{d \text{ inv}}$ en I_d (derating kromme)

¹⁾ Het is niet toegestaan de diode te gebruiken onder omstandigheden waarbij de grenswaarden voor spanning, stroom en temperatuur gelijktijdig optreden.

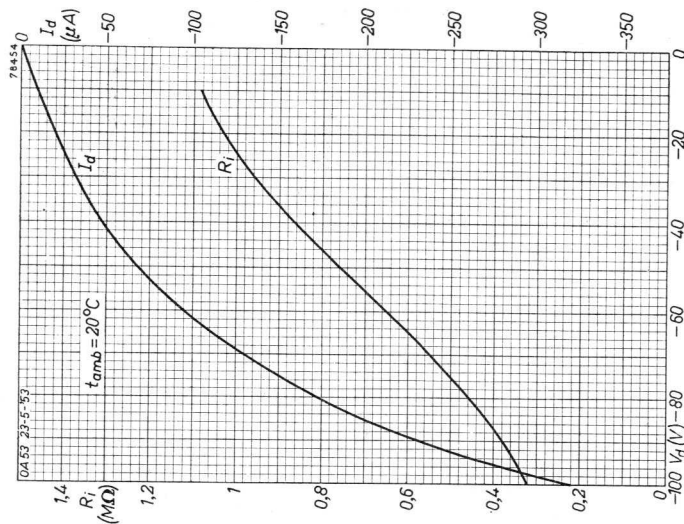
²⁾ Voor de verhouding tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden voor $V_{d \text{ inv}}$ en I_d verwijzen wij naar de derating kromme. De hierin aangegeven waarden dienen te worden aangehouden. De kromme is opgesteld voor een omgevingstemperatuur van

20°C . Voor hogere temperaturen dient een extra derating van I_d , zijnde $\frac{20}{t_{\text{amb}}}$, in rekening te worden gebracht.

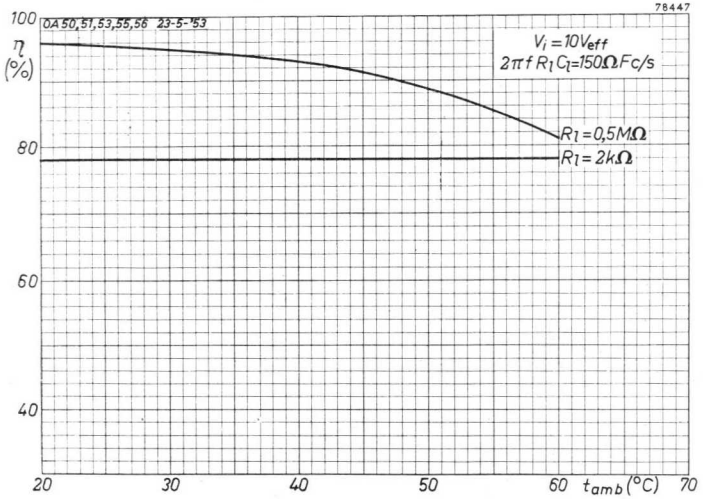
³⁾ Gedurende ten hoogste 1 sec.



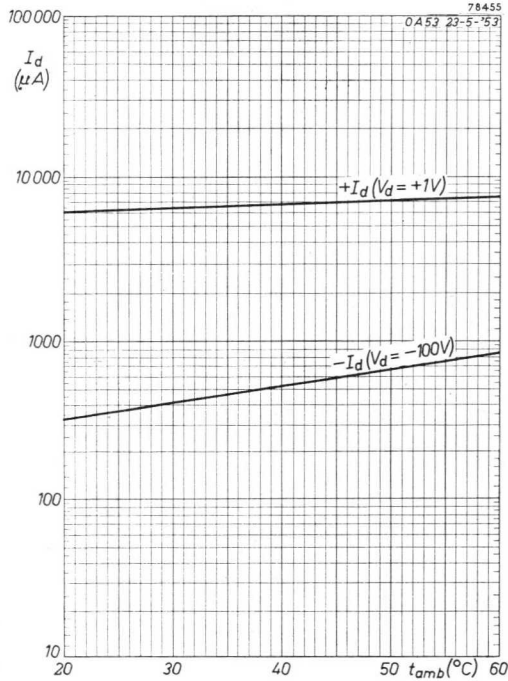
Voorwaartsstroom en weerstand als functies van de positieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Lekstroom en sperweerstand als functies van de negatieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Detectierendement als functie van de omgevingstemperatuur, met de belastingsweerstand als parameter.



Voorwaartsstroom en lekstroom als functies van de omgevingstemperatuur.

KRISTALDIODE OA 55

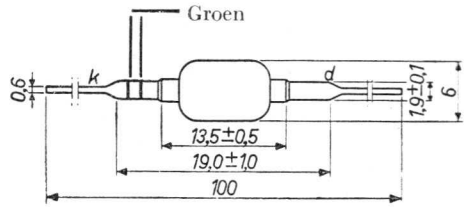
Capaciteit $C_{dk} = 1,0 \text{ pF}$

Kenmerkende eigenschappen (bij 20°C)

$$\begin{aligned} I_d (V_d = +1 \text{ V}) &= \text{min. } 4 \text{ mA} \\ -I_d (V_d = -3 \text{ V}) &= \text{max. } 5 \text{ } \mu\text{A} \\ -I_d (V_d = -100 \text{ V}) &= \text{max. } 500 \text{ } \mu\text{A} \end{aligned}$$

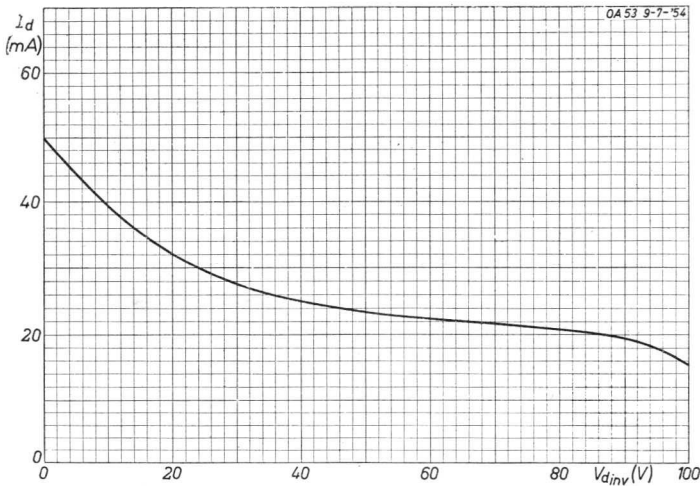
Grenswaarden (bij 20°C)^{1) 2)}

$$\begin{aligned} V_{d \text{ inv}} &= \text{max. } 100 \text{ V} \\ V_{d \text{ invp}} &= \text{max. } 120 \text{ V} \\ I_d &= \text{max. } 50 \text{ mA} \\ I_{dP} &= \text{max. } 150 \text{ mA} \\ I_{\text{surge}} &= \text{max. } 500 \text{ ma}^3) \\ t_{\text{amb}} &= \text{max. } +60^\circ\text{C} \\ &= \text{min. } -50^\circ\text{C} \end{aligned}$$



Afmetingen in mm.

Netto gewicht 1 g

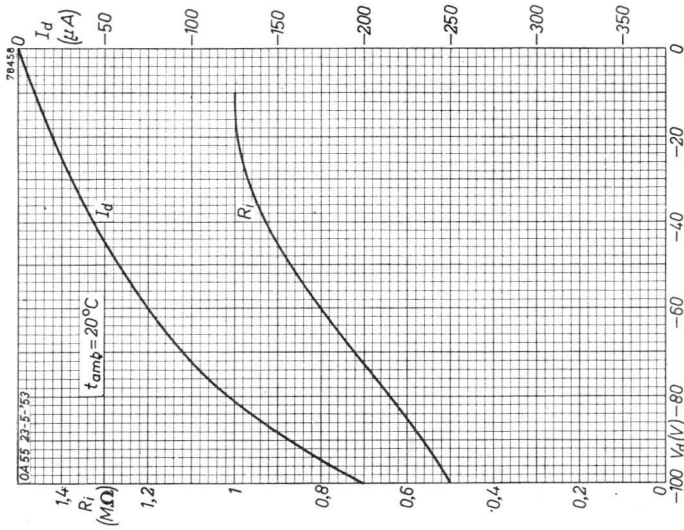


Het verband tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden van $V_{d \text{ inv}}$ en I_d (derating kromme)

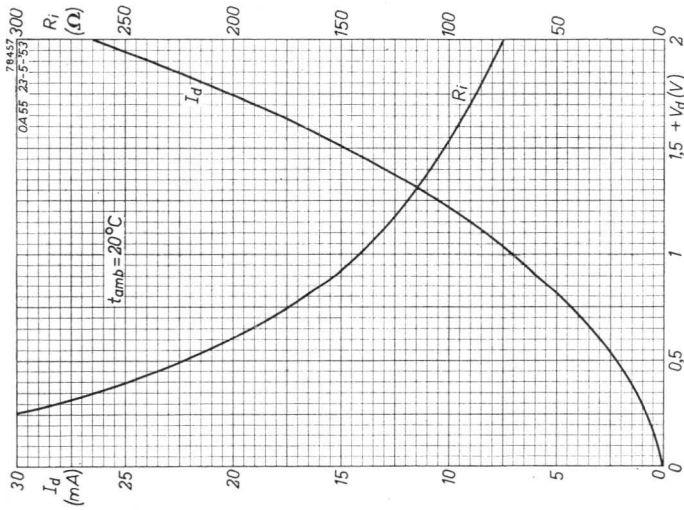
¹⁾ Het is niet toegestaan de diode te gebruiken onder omstandigheden waarbij de grenswaarden voor spanning, stroom en temperatuur gelijktijdig optreden.

²⁾ Voor de verhouding tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden voor $V_{d \text{ inv}}$ en I_d verwijzen wij naar de derating kromme. De hierin aangegeven waarden dienen te worden aangehouden. De kromme is opgesteld voor een omgevingstemperatuur van 20°C . Voor hogere temperaturen dient een extra derating van I_d , zijnde $\frac{20}{t_{\text{amb}}}$, I_{20} , in rekening te worden gebracht.

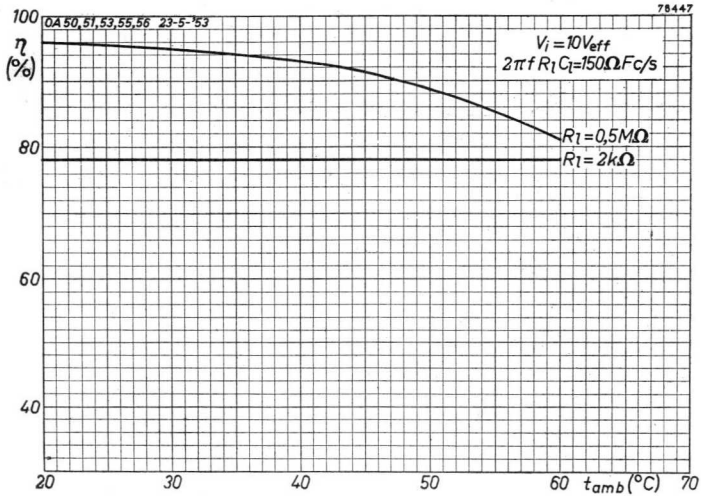
³⁾ Gedurende ten hoogste 1 sec.



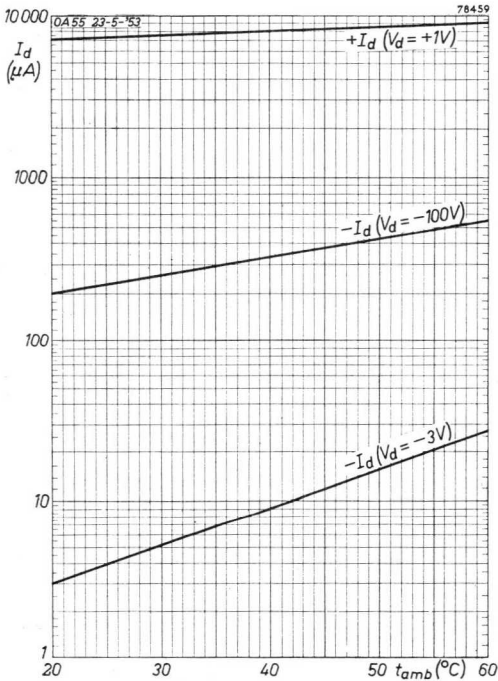
Lekstroom en spierweerstand als functies van de negatieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van $20^\circ C$.



Voorwaartsstroom en weerstand als functies van de positieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van $20^\circ C$.



Detectierendement als functie van de omgevingstemperatuur, met de belastingsweerstand als parameter.



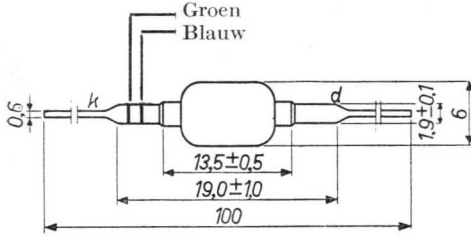
Voorwaartsstroom en lekstroom als functies van de omgevingstemperatuur.

KRISTALDIODE OA 56

Capaciteit $C_{dk} = 1,0 \text{ pF}$

Kenmerkende eigenschappen (bij 20 °C)

$$\begin{aligned}
 I_d (V_d = +1 \text{ V}) &= \text{min. } 4 \text{ mA} \\
 -I_d (V_d = -10 \text{ V}) &= \text{max. } 50 \text{ } \mu\text{A} \\
 -I_d (V_d = -50 \text{ V}) &= \text{max. } 833 \text{ } \mu\text{A}
 \end{aligned}$$

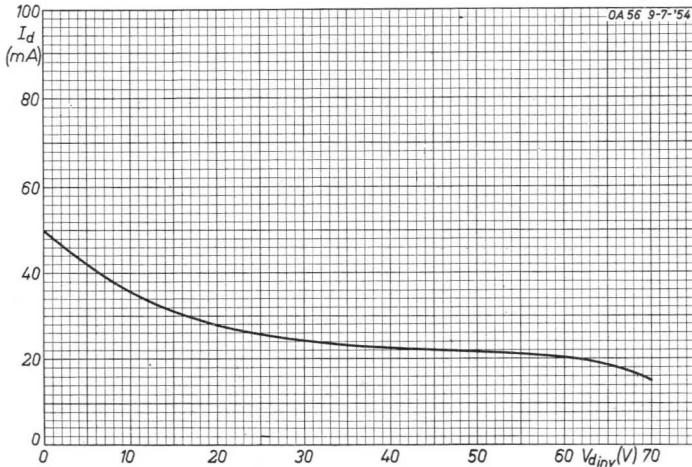


Afmetingen in mm.

Grenswaarden (bij 20 °C)^{1) 2)}

$$\begin{aligned}
 V_{d \text{ inv}} &= \text{max. } 70 \text{ V} \\
 V_{d \text{ invp}} &= \text{max. } 85 \text{ V} \\
 I_d &= \text{max. } 50 \text{ mA} \\
 I_{d \text{ p}} &= \text{max. } 150 \text{ mA} \\
 I_{\text{surge}} &= \text{max. } 400 \text{ mA}^3) \\
 t_{\text{amb}} &= \text{max. } +60 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 &= \text{min. } -50 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Netto gewicht 1 g

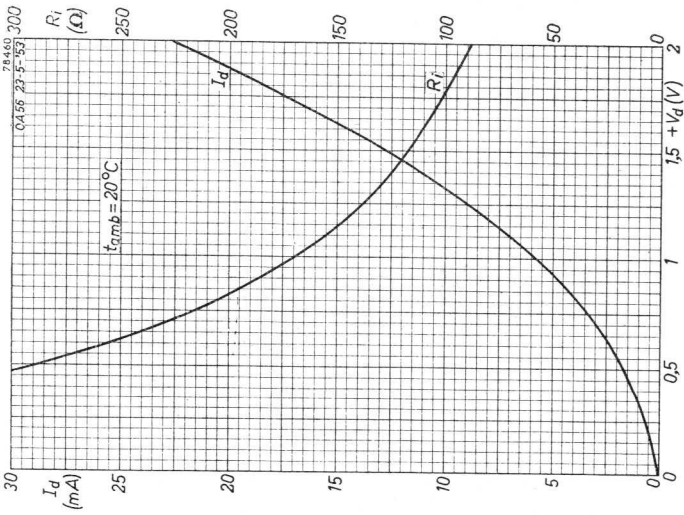


Het verband tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden van $V_{d \text{ inv}}$ en I_d (derating kromme)

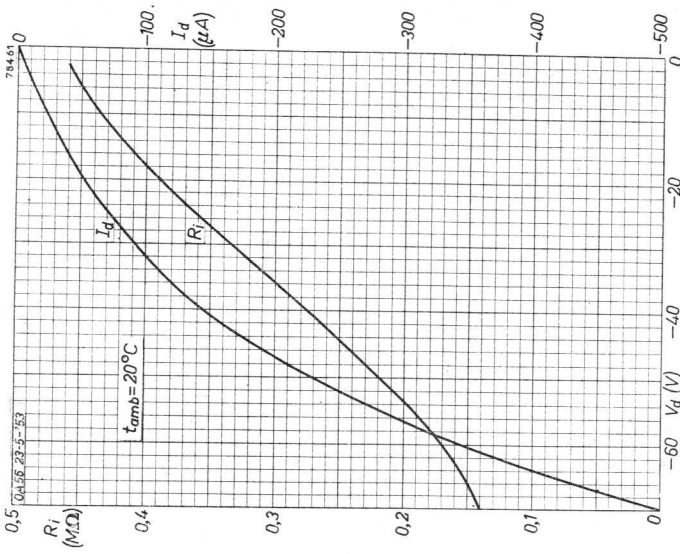
¹⁾ Het is niet toegestaan de diode te gebruiken onder omstandigheden waarbij de grenswaarden voor spanning, stroom en temperatuur gelijktijdig optreden.

²⁾ Voor de verhouding tussen de gelijktijdig toegestane maximum waarden voor $V_{d \text{ inv}}$ en I_d verwijzen wij naar de derating kromme. De hierin aangegeven waarden dienen te worden aangehouden. De kromme is opgesteld voor een omgevingstemperatuur van 20 °C. Voor hogere temperaturen dient een extra derating van I_d , zijnde $\frac{20}{t_{\text{amb}}}$, in rekening te worden gebracht.

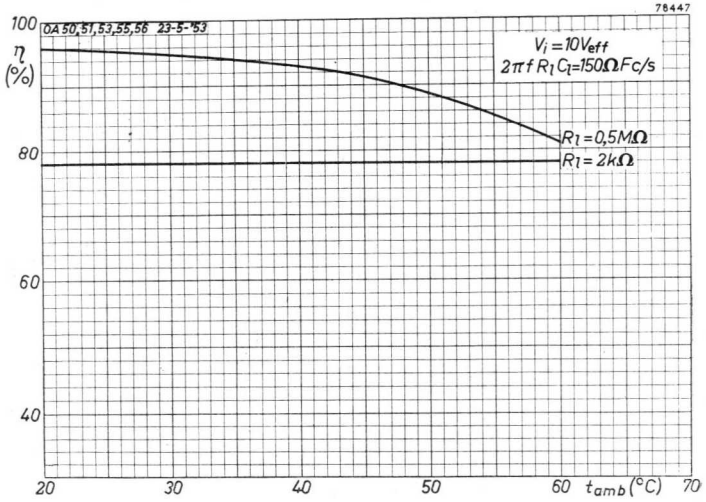
³⁾ Gedurende ten hoogste 1 sec.



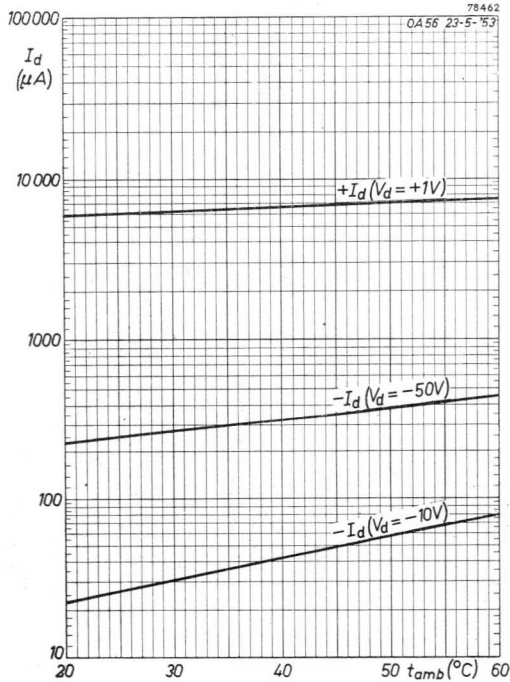
Voorwaartsstroom en weerstand als functies van de positieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Lekstroom en sperweerstand als functies van de negatieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Detectierendement als functie van de omgevingstemperatuur, met de belastingsweerstand als parameter.



Voorwaartsstroom en lekstroom als functies van de omgevingstemperatuur.

De dioden OA 60 en OA 61

Van de diode OA 60, die is ontworpen als diode voor het demoduleren van het videosignaal in televisie-ontvangers, en die tevens uitmuntend is geschikt voor doeleinden welke hiermee overeenkomen, wordt geen gemiddelde statische karakteristiek gegeven.

Deze statische karakteristiek is voor het gebruik van de diode OA 60 in de bovengenoemde schakelingen ook niet van belang, daar voor dat doel alleen de dynamisch gemeten waarden voor het in aanmerking komende frequentiegebied van waarde zijn.

De diode OA 60 wordt dan ook, alvorens de fabriek te verlaten, getest met speciaal voor deze toepassing ontwikkelde meetapparatuur.

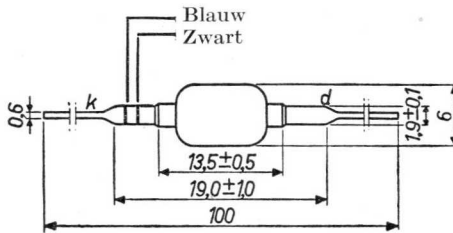
De diode OA 61, die evenals de diode OA 60 op andere wijze wordt vervaardigd dan de andere germaniumdioden, is speciaal ontwikkeld voor het beheersen van het zwartniveau, noodzakelijk voor het herstellen van de gelijkstroomcomponent in het videogedeelte van een televisie-ontvanger.

Een kenmerkende eis waaraan een dergelijke diode moet voldoen is een hoge weerstand in de sperrichting. De OA 61 is dan ook speciaal voor dit doel ontworpen.

KRISTALDIODE OA 60

Capaciteit C_{dk} = 1,0 pF

Kenmerkende eigenschappen (bij 20 °C)

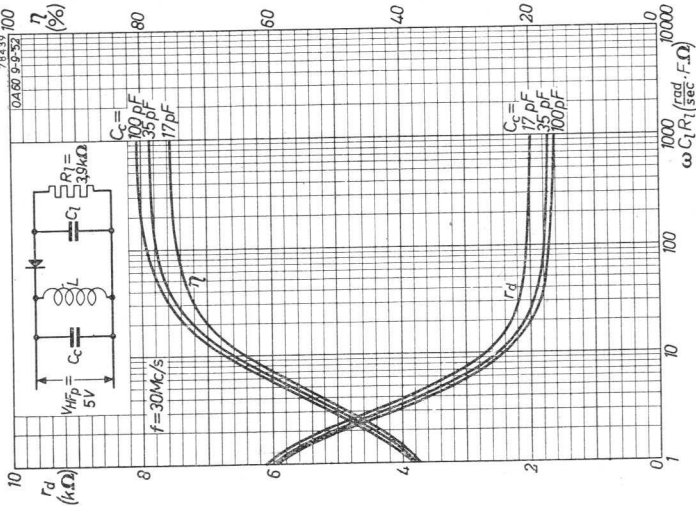


Afmetingen in mm.

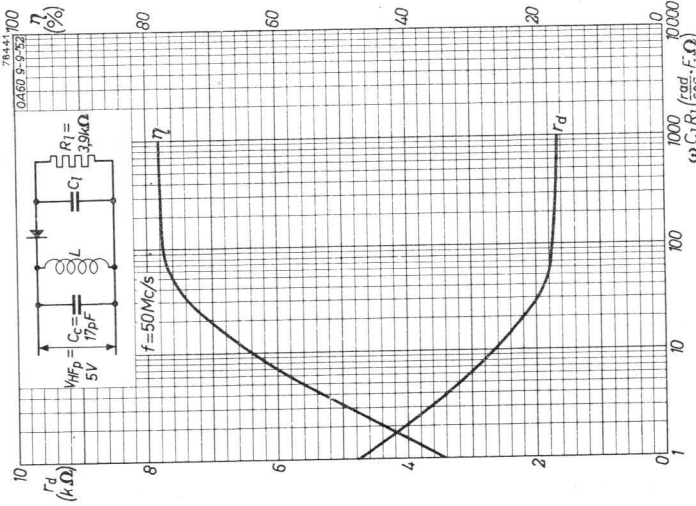
- $V_{d\text{ inv}}$ = max. 25 V
- $V_{d\text{ invp}}$ = max. 30 V
- I_d = max. 5 mA
- $t_{\text{amb}}^1)$ = max. +60 °C
min. -50 °C

Netto gewicht 1 g

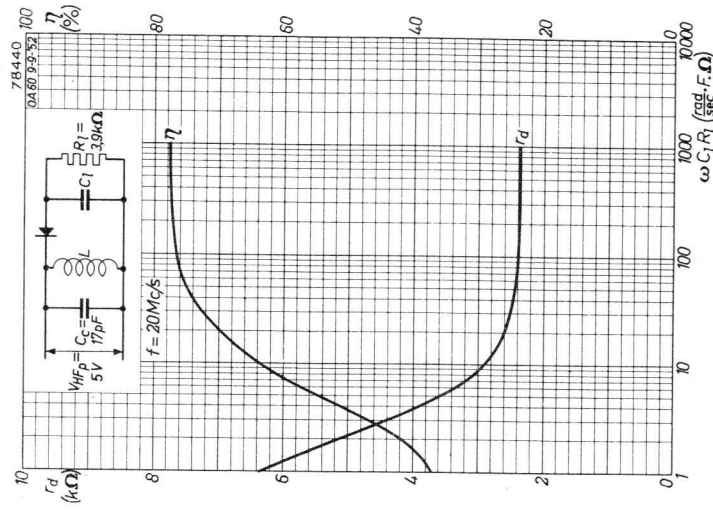
¹⁾ Met het oog op de levensduur wordt een lage omgevingstemperatuur aanbevolen.



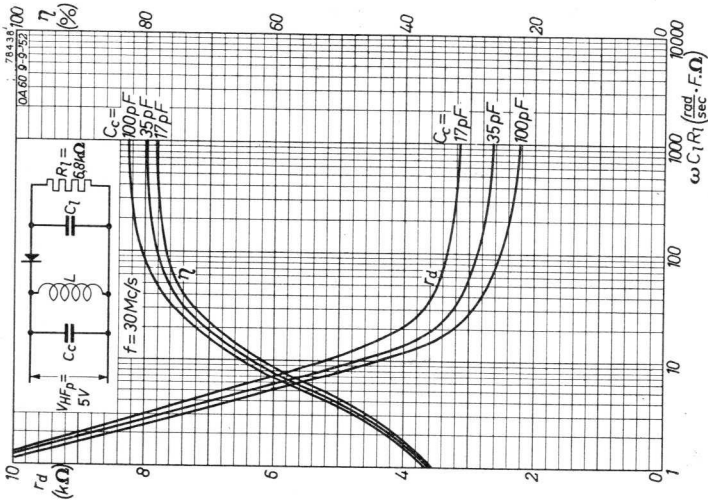
Detectierendement en dempingsweerstand als functies van $\omega C_t R_t$, met de capaciteit van de afstemcondensator als parameter. (load resistor 3.9 k Ω)



Detectierendement en dempingsweerstand als functies van $\omega C_t R_t$.



Detectierendement en dempingsweerstand als functies van $\omega C_1 R_1$.



Detectierendement en dempingsweerstand als functies van $\omega C_1 R_1$, met de capaciteit van de afstemcondensator als parameter. (load resistor 6.8 kΩ).

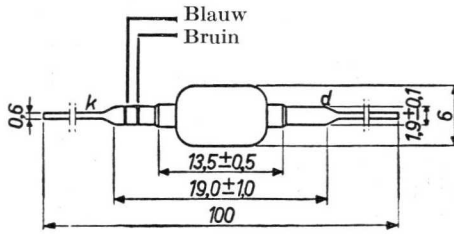
KRISTALDIODE OA 61

Capaciteit $C_{dk} = 1,0 \text{ pF}$

Kenmerkende eigenschappen (bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$I_d (V_d = +1 \text{ V}) > 2,5 \text{ mA}$$

$$-I_d (V_d = -50 \text{ V}) < 100 \text{ } \mu\text{A}$$

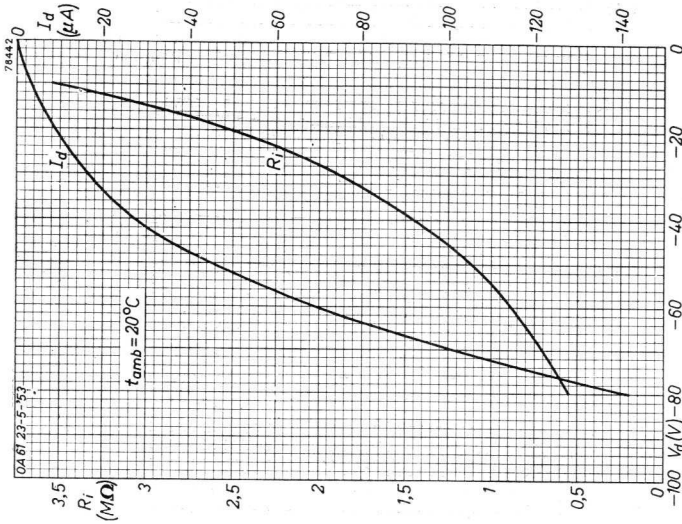


Afmetingen in mm.

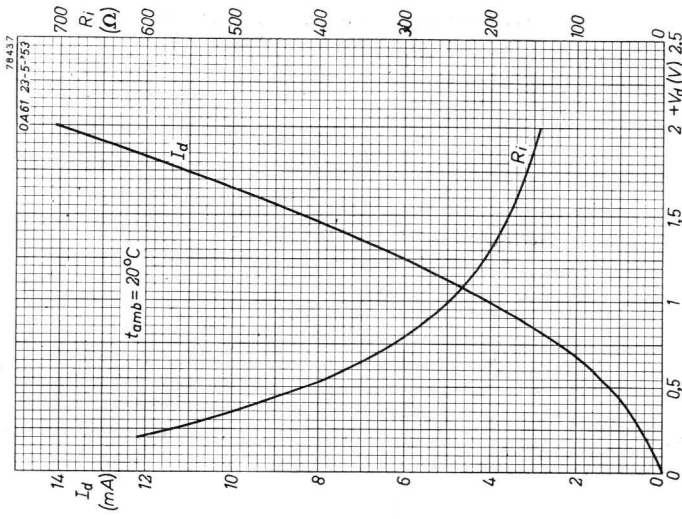
Grenswaarden (bij $20 \text{ }^\circ\text{C}$)

$V_{d \text{ ivp}}$	= max.	85 V
$V_{d \text{ invp}}$	= max.	100 V
I_d	= max.	5 mA
I_{dp}	= max.	15 mA
I_{surge}	= max.	500 mA
t_{amb}	= max.	+60 $^\circ\text{C}$
	min.	-50 $^\circ\text{C}$

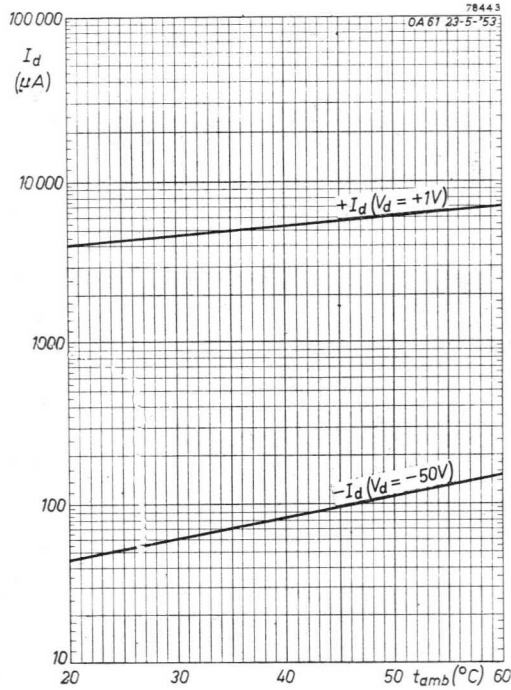
Netto gewicht 1 g



Lekstroom en sperweerstand als functies van de negatieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Voorwaartsstroom en weerstand als functies van de positieve diodespanning bij een omgevingstemperatuur van 20°C .



Voorwaartsstroom en lekstroom als functies van de omgevingstemperatuur.

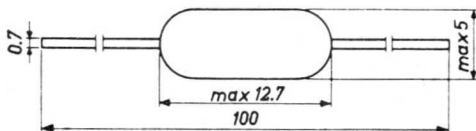
KRISTALDIODE OA 70

Capaciteit C_{dk} = 1,0 pF

Kenmerkende eigenschappen bij 25 °C als videodetector.
(Schakeling zie fig. 4-5-6-7-8-9).

H.F. piekspanning V_{HFp} = 5 V
 Belastingweerstand R_l = 3,9 kΩ
 Belastingcapaciteit C_l = 10 pF
 Afstemcapaciteit C_c = 20 pF

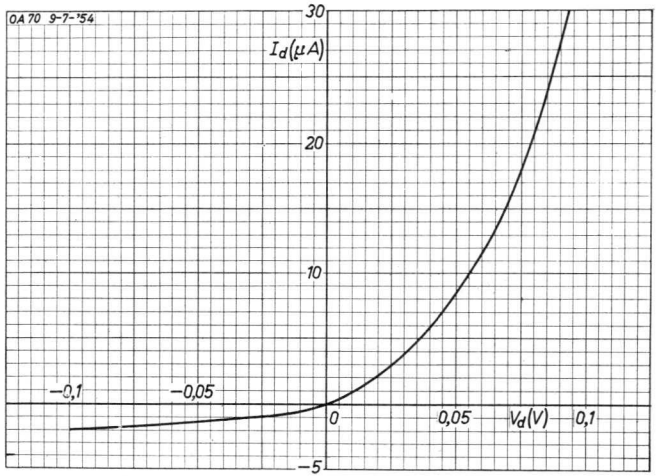
Frequentie 30 Mc/s
 Detectierendement 62 %
 Dempingsweerstand 3,0 kΩ



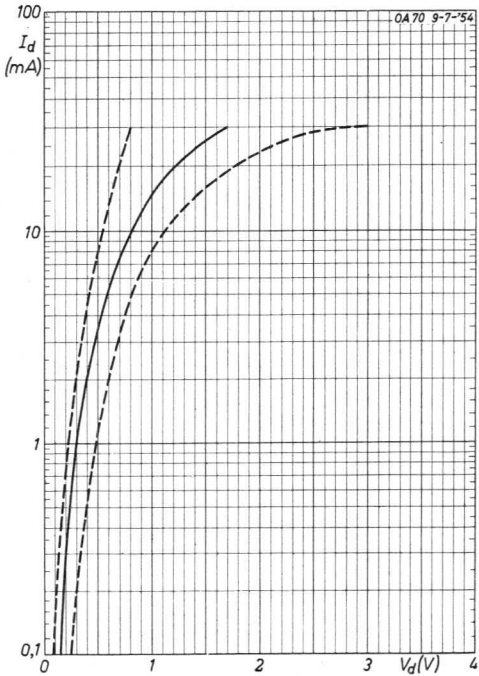
Grenswaarde bij 25 °C.

Maximum inverse spanning	V_{dinv} = max. 22,5 V
Gemiddelde gelijkgerichte stroom (zie ook derating kromme fig. 10)	I_d = max. 50 mA
Piekwaarde van de gelijkgerichte stroom	I_{dp} = max. 150 mA
Foutstroom	I_{surge} = max. 400 mA
(maximale duur 1 seconde,	t_{amb} = max. +75 °C
	min. -50 °C

1) (gelijkspanningscomponent max. 15 V)



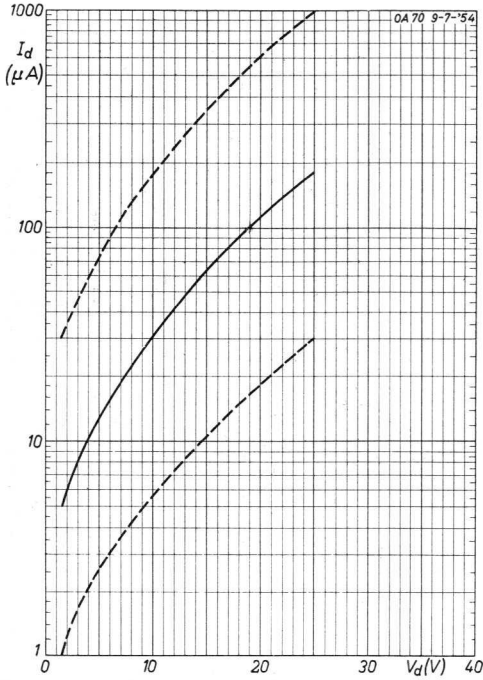
Het verband tussen stroom en spanning voor een gemiddelde diode bij kleine waarden van positieve en negatieve diodespanning.



— gemiddelde waarde
 ... maximum en minimum waarde

V_d bij $I_d = 0.1 \text{ mA}$
 min. 0.1 V
 max. 0.25 V

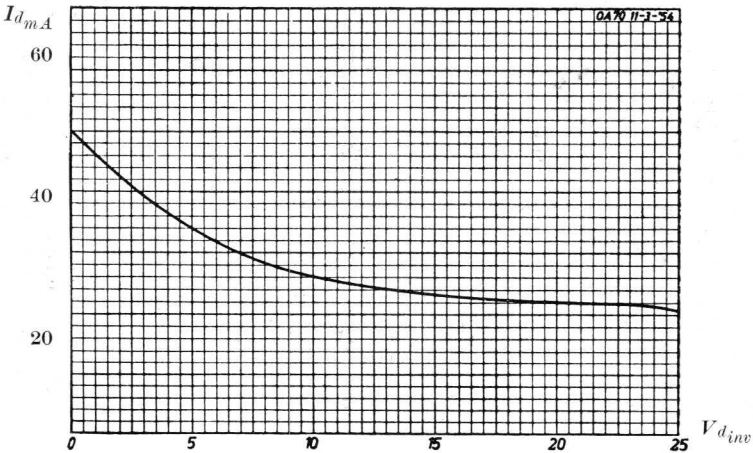
Voorwaartstroom en spanningskarakteristiek bij 25 °C.



— gemiddelde waarde
 maximum en minimum
 waarde

I_d bij $V_d = -1.5$
 min. 1 μA
 max. 30 μA

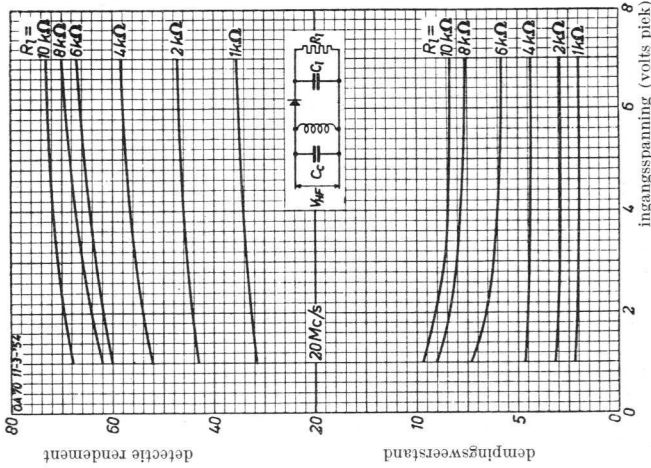
Sperstroom en spanningskarakteristiek
 bij 25 °C.



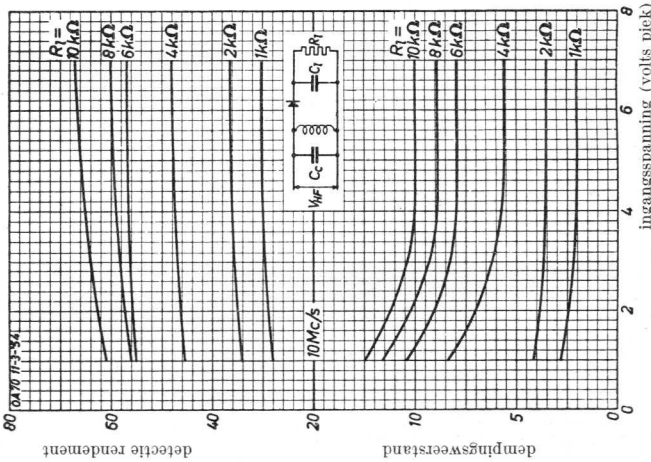
Derating kromme bij gebruik als gelijkrichter voor een sinus-
 vormige ingangsspanning bij temperaturen tot 25 °C.

Voor hogere omgevingstemperaturen is een extra derating

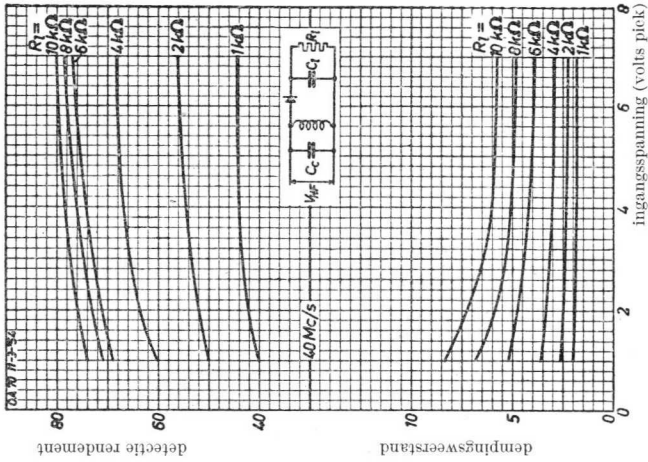
voorgeschreven volgens: $I_{25} = \frac{25}{t_{amb}}$.



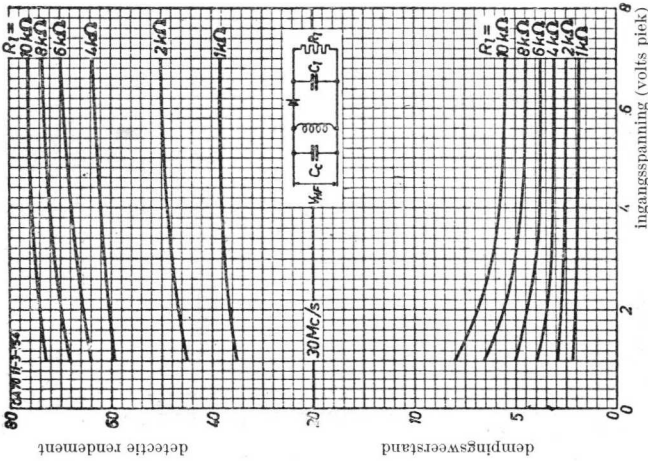
Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 20 Mc/s.



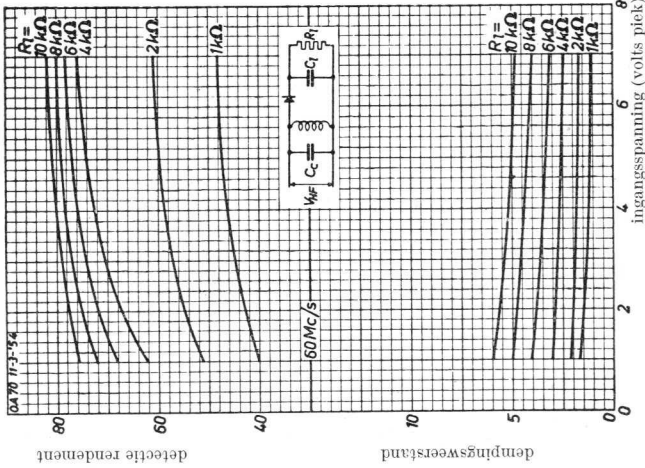
Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 10 Mc/s.



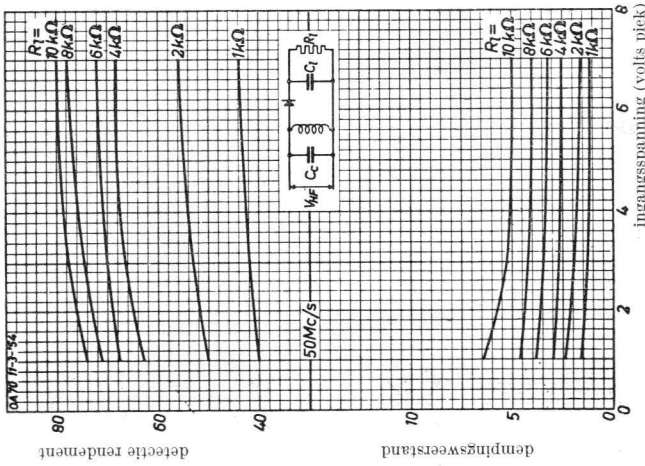
Detectierendement en dempingsweerstand als functie van deingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 40 Mc/s.



Detectierendement en dempingsweerstand als functie van deingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 30 Mc/s.



Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 60 Mc/s.



Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 50 Mc/s.

KRISTALDIODE OA 73

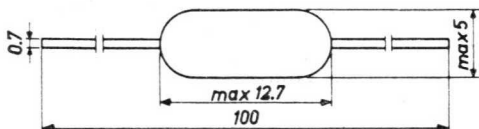
Capaciteit

$$C_d = 1,0 \text{ pF}$$

Kenmerkende eigenschappen als videodetector bij 25 °C.
(Schakeling zie fig. 5-6-7-8-9-10)

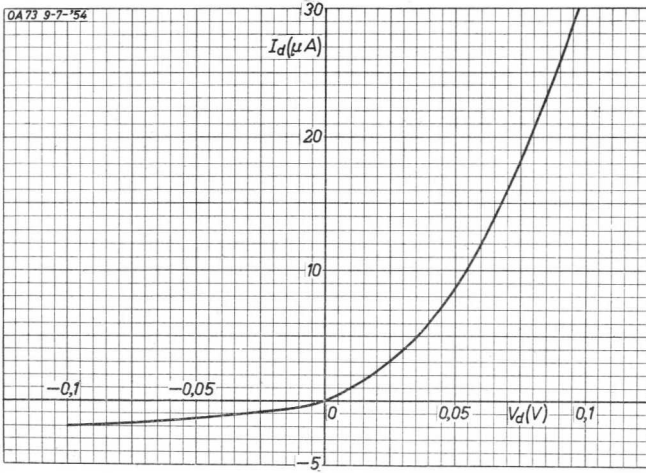
H.F. piekspanning	V_{HFp}	$=$	5 V
Belastingsweerstand	R_l	$=$	3,9 k Ω
Belastingcapaciteit	C_l	$=$	10 pF
Afstemcapaciteit	C_e	$=$	20 pF

Frequentie	30 Mc/s
Detectierendement	62 %
Dempingsweerstand	3,0 k Ω

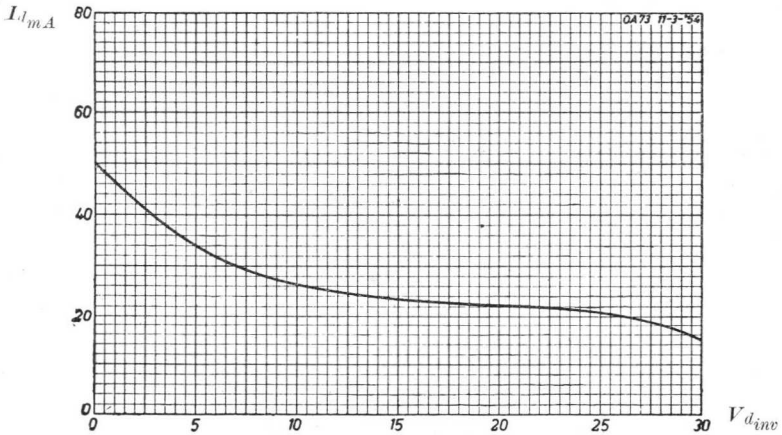


Grenswaarde bij 25 °C

Maximum inverse spanning	V_{dinv}	$=$	max. 30 V
Gelijkspanningscomponent			max. 20 V
Gemiddelde gelijkgerichte stroom (Zie ook derating kromme fig. 2)	I_d	$=$	max. 50 mA
Piekwaarde van de gelijkgerichte stroom	I_{dp}	$=$	max. 150 mA
Foutstroom	I_{surge}	$=$	max. 400 mA
Maximale duur 1 seconde			
Omgevingstemperatuur	t_{amb}	$=$	max. +75 °C min. -50 °C

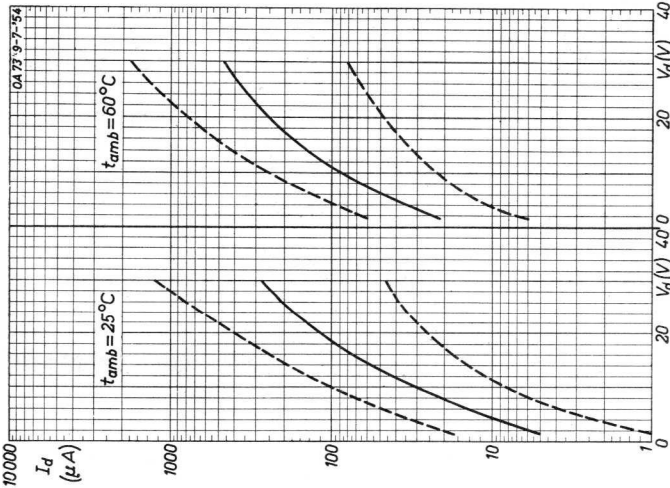


Het verband tussen stroom en spanning voor een gemiddelde diode, bij kleine waarden van positieve en negatieve diodespanning.



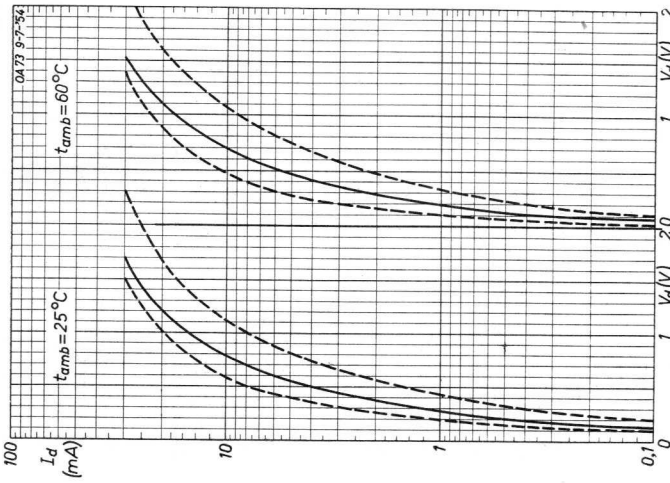
Derating kromme bij gebruik als gelijkrichter voor een sinusvormige ingangsspanning bij temperaturen tot 25 °C. Voor hogere omgevingstemperaturen is een extra derating voorgeschreven volgens:

$$I_{25} = \frac{25}{t_{amb}}$$



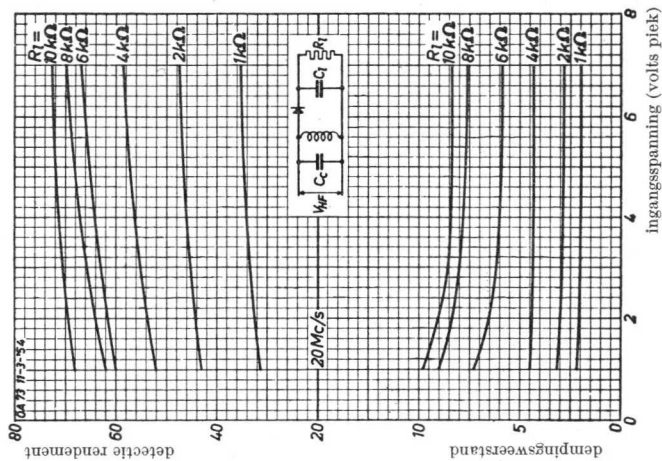
Sperstroom en spanningskarakteristiek bij 25 °C en 60 °C.

- I_d bij $V_d = 1.5 V$ (25°C) = min. 1 μA / max. 18 μA
- I_d bij $V_d = 10 V$ (25°C) = min. 8 μA / max. 100 μA
- I_d bij $V_d = 20 V$ (25°C) = min. 25 μA / max. 400 μA
- I_d bij $V_d = 30 V$ (25°C) = min. 45 μA / max. 1200 μA

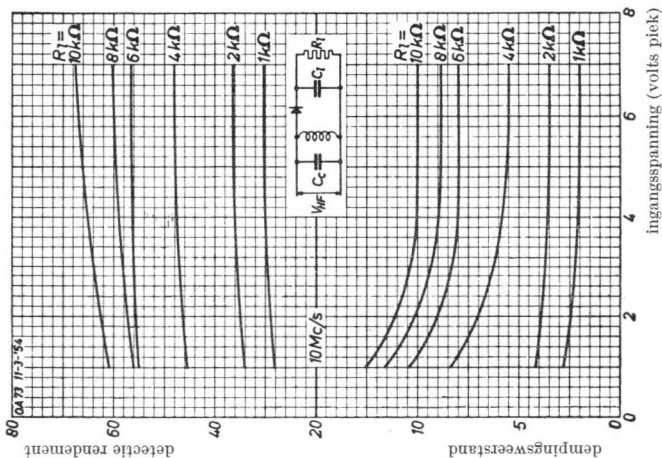


Voorwaartsstroom en spanningskarakteristiek bij 25 °C en 60 °C.

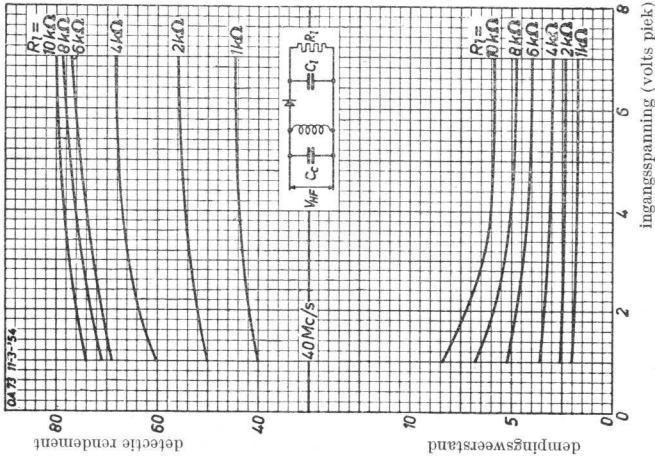
- V_d bij $I_d = 8 mA$ (25°C) = min. 0.5 V / max. 1.0 V
- V_d bij $I_d = 0.1 mA$ (25°C) = min. 0.1 V / max. 0.2 V



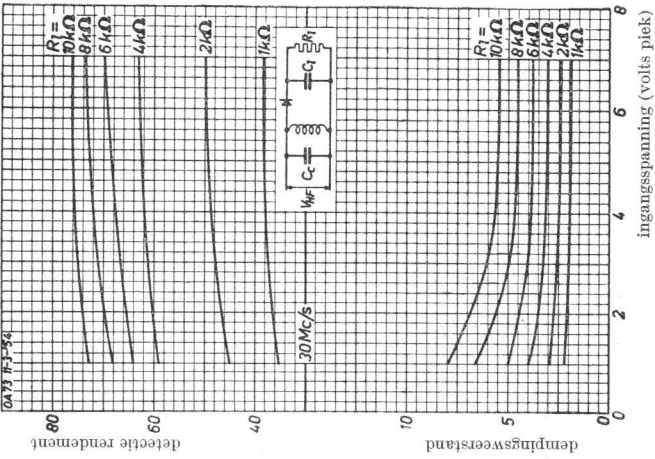
Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 20 Mc/s.



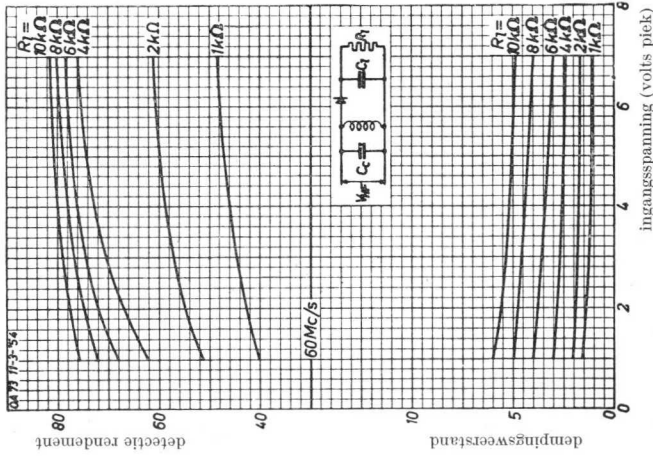
Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 10 Mc/s.



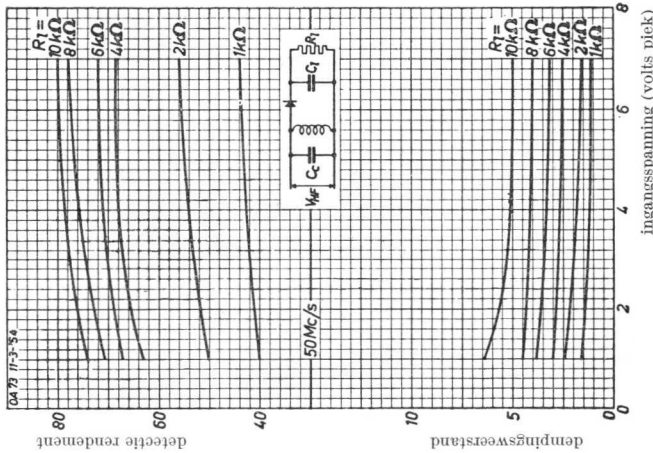
Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 40 Mc/s.



Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 30 Mc/s.



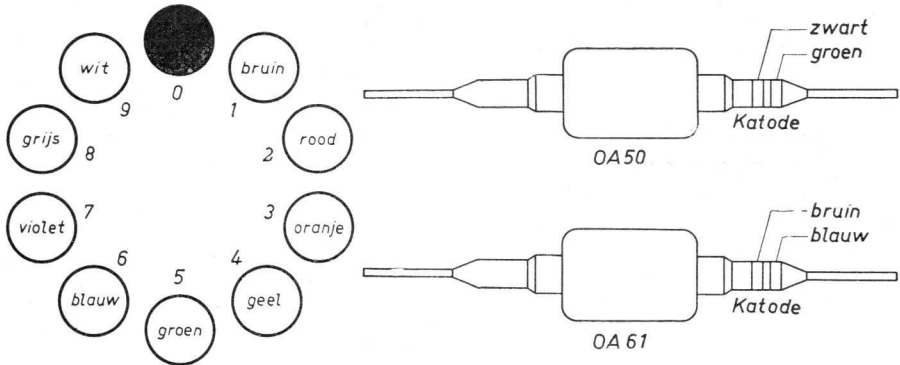
Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 60 Mc/s.



Detectierendement en dempingsweerstand als functie van de ingangsspanning, met de belastingsweerstand als parameter bij 50 Mc/s.

De diode is is gemerkt met een kleurencode op het kathode-einde, welke het typenummer aangeeft. Onderstaande kleuren, genummerd 0 tot 9, geven de cijfers van het typenummer; de kleur die het dichtst bij het uiteinde ligt geeft het tiental aan, de kleur aan de kant van het lichaam de eenheden.

De volgende voorbeelden verduidelijken deze kleurencodering.



De diode kan in de bedrading worden bevestigd door solderen. De diode mag in elke stand en op elke plaats worden bevestigd, waarbij men er echter zorg voor dient te dragen dat zij niet incidenteel of continu aan overmatige verhitting is blootgesteld. Incidentele verhitting kan plaats hebben gedurende het solderen, zodat wordt aangeraden de toevoerdraden naar de diode nabij het uiteinde vast te klemmen met een goed om de draad sluitende tang van groot warmtegeleidingsvermogen. Continue verhitting kan ontstaan op plaatsen waar zich schakelementen bevinden die veel warmte afgeven. In de nabijheid van dergelijke elementen dient men de diode dan ook bij voorkeur niet te plaatsen.

Algemene opmerkingen betreffende de toepassing van germaniumdioden

- a. In het schemateken is de katode met een balk, de anode met een driehoek aangeduid. De stroom gaat in de richting van de pijl, dus van de anode naar de katode.
- b. Het gebruik van een soldeerpistool wordt aangeraden, omdat dan de las slechts korte tijd wordt verhit. Aanbevolen wordt bij het solderen van de aansluitdraden de draad tussen het glas en de las vast te grijpen met een platte tang, waardoor de warmte zoveel mogelijk wordt afgevoerd. De aansluitdraden moeten niet strak worden gespannen, daar door temperatuurwisselingen uitzetting en inkrimping plaats hebben.
- c. Ondanks het feit dat de diode mechanisch sterk is, is het toch ongewenst de diode ruw te behandelen. Bedenk dat de kleine glazen diode, liggend tussen gereedschap, kan worden verbrijzeld.
- d. Monteer germaniumdioden zodanig, dat ze zo koel mogelijk zijn opgesteld.
- e. Houd bij alle schakelingen waarin dioden parallel staan aan een afgestemde kring, rekening met de demping die de diode op die kring kan uitoefenen.
- f. Bij parallelschakeling van verscheidene dioden kan een gelijkmatige stroomverdeling worden bevorderd door in serie met de dioden een weerstand van enkele honderden ohms op te nemen.
- g. Gebruik een germaniumdiode niet zodanig, dat de maximale stroom, de maximale spanning en de maximale omgevingstemperatuur gelijktijdig aanwezig zijn.

TOEPASSINGEN

Germaniumdioden worden in de electrotechniek in steeds toenemende mate gebruikt. Op de meest verscheiden toepassingsgebieden verschijnt de diode op plaatsen waar voorheen vacuümdioden werden aangetroffen. Bovendien worden germaniumdioden gebruikt in schakelingen die voor vacuümdioden niet aantrekkelijk waren.

Uiteraard is het niet mogelijk een ook maar enigermate volledig overzicht te geven van deze schakelingen, welker aantal nog dagelijks toeneemt.

In de volgende pagina's is ter illustratie van het gebruik van germaniumdioden een willekeurige keuze gedaan uit toepassingen die liggen op zeer verschillende gebieden der electrotechniek.

VOORBEELD I

Gelijkrichter voor belasting met een lage impedantie

Voor vele toepassingen waarbij een belastingsimpedantie met een weerstand in de orde van grootte van enkele honderden tot enkele duizenden ohms met gelijkstroom moet worden gevoed, kan met voordeel gebruik worden gemaakt van een gelijkrichter die is voorzien van een germaniumdiode.

Het is voor deze toepassingen dan zonder meer mogelijk een batterij te vervangen door een gelijkrichter, welke op het wisselstroomnet wordt aangesloten.

Voorbeelden van dergelijke toepassingen zijn: voeding van relais, van een microfoon, huistelefoon of meetinstrument. Door inbouw van een kleine gelijkrichter kan dan een installatie worden verkregen die eventueel zowel op een batterij als op het net is aan te sluiten, en waarbij de gelijkrichter tegelijk kan dienen om de batterij op te laden.

De volgende schakeling wordt voor deze toepassingen aanbevolen (fig. 25):

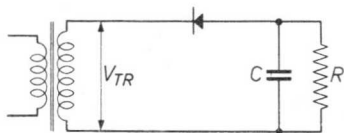


Fig. 25

Te gebruiken de dioden OA 50 en OA 56, waarbij de secundaire spanning van de nettransformator een waarde mag hebben van respectievelijk 20 V en 25 V. Voor de stroom die door de belasting mag worden afgenomen, wordt verwezen naar de derating krommen bij elke diode.

Voor het gelijkrichten van hogere spanningen kunnen verscheidene dioden OA 50 of OA 56 in serie worden geschakeld, waarbij het aantal dioden dat voor een bepaalde spanning nodig is, wordt gegeven door fig. 26:

Voor de diode OA 50

$$\frac{V_{tr}}{20}$$

OA 56

$$\frac{V_{tr}}{25}$$

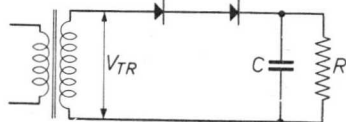


Fig. 26

De voor deze schakelingen aanbevolen waarden van C en R zijn:

$$C \quad 50 - 100 \mu\text{F},$$

$$R \quad 600 - 5000 \Omega,$$

voor wisselstroom met een frequentie van 50–60 perioden.

VOORBEELD II

Gelijkrichter voor belasting met hoge impedanties

Voor het voeden van een belastingsimpedantie in de orde van grootte van enkele honderdduizenden ohms en meer, hangt de keuze van de toe te passen schakeling en de daarin te gebruiken diode af van het doel waarvoor de schakeling wordt gebruikt.

Is de gelijk te richten spanning van de orde van grootte van 10 V, dan speelt de lekstroom van de diode geen belangrijke rol, omdat de diode werkt in een gebied waar de sperweerstand hoog is. Is bovendien de eventuele demping die door de gelijkrichter op de voorgaande kring wordt uitgeoefend niet van belang, dan kan worden volstaan met een diode OA 50 in de volgende schakeling (fig. 27):

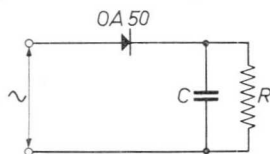


Fig. 27

De CR -tijd van de belasting zij bij voorkeur $10 \times \frac{1}{f}$. Voor schakelingen waarin de gelijk te richten spanningen een grotere amplitude hebben, maar de demping niet van belang is, verdient het aanbeveling in dezelfde schakeling een diode OA 51 te gebruiken.

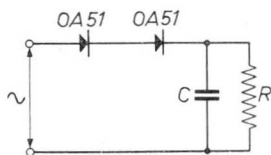


Fig. 28

Is ook de demping op de spanningsbron van belang, dan kan de weerstand in de sperrichting worden verhoogd door twee dioden OA 51 in serie op de generator aan te sluiten volgens nevenstaande schakeling (fig. 28).

VOORBEELD III

Meetinstrumenten

Germaniumdioden kunnen uitstekend dienen als gelijkrichter waarmee met behulp van gelijkstroommeetinstrumenten wisselspanningen en -stromen zijn te meten. Het gebruik van gelijkstroominstrumenten biedt grote voordelen boven dat van wisselstroominstrumenten; het duidelijkst blijkt dit uit de grote gevoeligheid van de eerstgenoemde. Voor het meten van wisselspanningen in de orde van grootte van 100 V verbruikt een weekijzerinstrument een stroom van ongeveer 10 mA; een draaispoelmeter met diodegelijkrichter geeft volle schaaluitslag voor een stroomverbruik kleiner dan 100 μA . Het meten van wisselspanningen van hoge frequenties

is met draaispoelmeters met diodegelijkrichter heel goed mogelijk, terwijl dit met weekijzerinstrumenten op moeilijkheden stuit. Germaniumdioden kunnen in meetgelijkrichters gebruikt worden voor frequenties van 25 p/s - tot ~ 150 Mc/s.

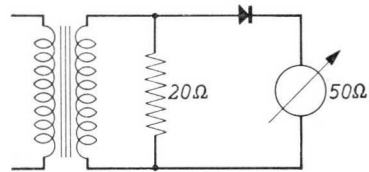
Een voordeel van germaniumdioden boven de veelgebruikte koperoxydegelijkrichtercellen ligt in de mogelijkheid van een goede temperatuurcompensatie, dank zij het grote verschil tussen voorwaarts- en sperstroom. Andere voordelen van germaniumdioden zijn de hoge sperspanning die de meeste typen dezer dioden verdragen kunnen, en de constructie, welke toelaat ze in een zeer kleine ruimte onder te brengen.

Het type germaniumdiode dat in aanmerking komt als meetgelijkrichter is niet zeer kritisch. In het algemeen zijn meetinstrumenten laagohmig, en dioden met een lage weerstand in de voorwaartsrichting verdienen de voorkeur. Een hoge weerstand in de sperrichting is niet van veel belang zolang de diode niet wordt gebruikt voor het meten bij hoge frequenties en de door de diode uitgeoefende demping geen rol speelt.

Als de impedantie van de spanningsbron en de impedantie van het meetinstrument zeer laag zijn, zal met toenemende temperatuur de meteruitslag toenemen, omdat de voorwaartsweerstand van de diode met toenemende temperatuur afneemt. Dat ook de sperweerstand lager wordt, oefent hierop geen invloed uit in verband met de lage weerstanden van de meter en van de spanningsbron (schakeling 1).

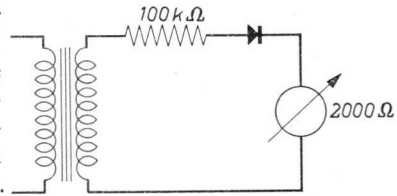
Zijn zowel de meter als de spanningsbron hoogohmig, dan zal de meteruitslag bij toenemende temperatuur afnemen, als gevolg van de vermindering van de sperweerstand van de diode met de temperatuur. De vermindering in voorwaartsweerstand is dan niet van veel invloed op de hoge meterweerstand (schakeling 2).

Door beide effecten te combineren, kan het verloop van de meteruitslag met de temperatuur belangrijk worden verminderd. Parallel aan de diode wordt een weerstand geschakeld met een waarde van 50-100 K Ω , in serie een weerstand van enkele honderden ohms. De beste waarden hangen af van de gegeven weerstanden van de diode in de voorwaarts- en de sperrichting, en van de temperatuurafhankelijkheid van deze weerstanden (schakeling 3).



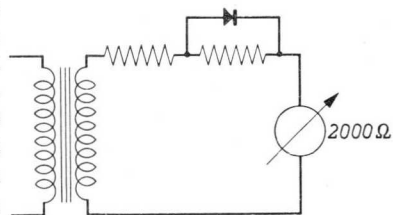
Schakeling 1

Lage impedantie van de spanningsbron en lage meterimpedantie



Schakeling 2

Hoge impedantie van de spanningsbron en hoge meterimpedantie



Schakeling 3

Een verdere verbetering van de eigenschappen van een meetinstrument met germaniumdioden kan worden bereikt door over de diode in serie met de meter antiparallel een tweede diode te schakelen. De tweede diode geleidt als de eerste gesperd is. Als multivoltmeter geschakeld, zoals aangegeven in nevenstaande fig. 29, kan de gevoeligheid van zulk een meetinstrument tot 10.000 Ω/V bedragen en kan zijn frequentiebereik zich uitbreiden van 25 p/s-6 Mc/s.

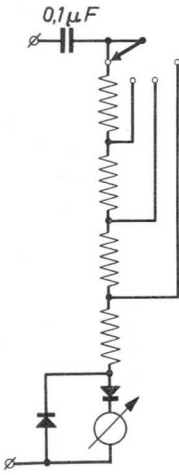


Fig. 29

Andere schakelingen welke gebruikt kunnen worden in een frequentiegebied van 25 p/s tot ± 20 Kc/s zijn de onderstaande (fig. 30), waarbij de eerste schakeling in het algemeen de voorkeur verdient boven de tweede, die iets gevoeliger is, dank zij een geringer temperatuurverloop en een betere frequentie karakteristiek.

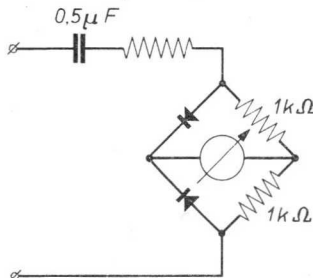
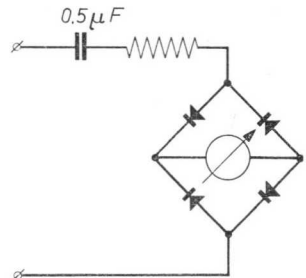


Fig. 30



Een goede temperatuur- en frequentie karakteristiek van de meter kan verder worden bereikt door inschakelen van weerstanden voor meter en diode, waarvoor de volgende schakeling (fig. 31) wordt aanbevolen.

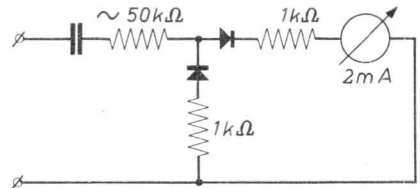


Fig. 31

VOORBEELD IV

Videodetector voor televisie-ontvanger met germaniumdiode

In fig. 32 is een schakeling gegeven voor een videodetectorschakeling, waarin als detector een germaniumdiode OA 60 is gebruikt.

De diode OA 60 is speciaal voor deze toepassing ontwikkeld. Het rendement van de diode OA 60 in deze schakeling, bij een frequentie van 24 Mc en een signaalspanning van 5 V_{eff} over de spoel L_3 , bedraagt circa 65 %. De gelijkspanning over de belastingsweerstand van 3,9 k Ω is dan eveneens 5 V. De demping die door de detectorschakeling op de voorafgaande M.F. kring wordt uitgeoefend, komt overeen met een weerstand van 3 k Ω .

Bij toenemende tijdconstante van de belasting van 3,9 k Ω met daaraan parallel 10 pF, kan het rendement wel toenemen, maar een grotere tijdconstante is bij een hoogste videofrequentie van 5 Mc niet toelaatbaar.

Evenwel zou ook bij toenemend detectierendement het vermogen dat in de belastingsweerstand wordt gedissipeerd, toenemen, waardoor de equivalente dempweerstand een lagere waarde dan $3\text{ k}\Omega$ zou krijgen. Ook de

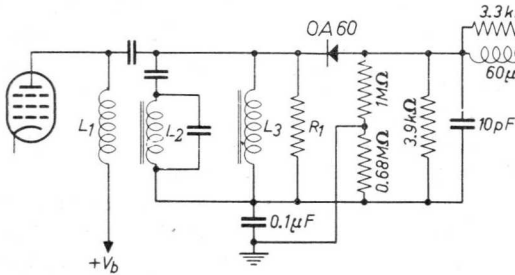
totale afstemcapaciteit oefent een invloed uit op het detectierendement.

In nevenstaand schema wordt de kringcapaciteit gevormd door de eigencapaciteit van spoelen, buis en bedrading. Totaal is dit ca. 17 pF .

Van de totale aan de belastingsweerstand be-

schikbare spanning wordt een deel van de gelijkspanningscomponent afgenomen via de potentiometer van $1\text{ M}\Omega + 0,68\text{ M}\Omega$, en de gehele wisselspanningscomponent wordt gebruikt. Dit voorkomt, dat de volgende videoversterkbuis tijdens de synchroniseerpulsen een te grote negatieve roosterspanning krijgt.

Fig. 32



VOORBEELD V

Herstellen van nulcomponent van het videosignaal aan de beeldbuis van een televisie-ontvanger

Na de detectie van het videosignaal dient de nulcomponent van het videosignaal, dat aan de beeldbuis van de televisie-ontvanger wordt toegevoerd, te worden hersteld.

In onderstaande schakeling (fig. 33) is aangegeven hoe dit kan geschieden aan de beeldbuis, in het geval het videosignaal wordt ingevoerd aan het rooster van de beeldbuis.

De diode werkt in dit geval als piekdetector en voert alleen stroom tijdens de synchroniseerpulsen. Een speciaal voor dit doel ontwikkelde diode is de germaniumdiode OA 61. Door de gelijkrichtende werking van de diode wordt het rechter bekleedsel

van de condensator van $0,15\text{ }\mu\text{F}$ op een bepaald gelijkspanningsniveau gebracht, waardoor, ongeacht vorm en amplitude van het eigenlijke beeldsignaal, het niveau der synchroniseerpulsen constant blijft.

De synchroniseerpulsen beslaan 8% van de lijnperiode. De lading die

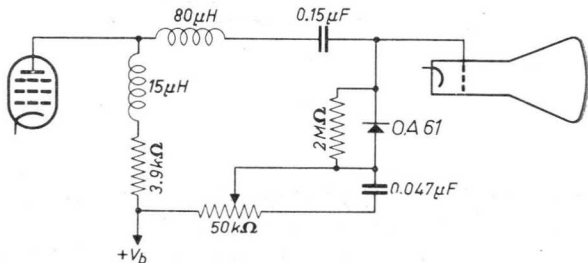


Fig. 33

in dit tijdsinterval aan de condensator moet worden toegevoerd, moet gelijk zijn aan de lading die in de tussengelegen intervallen wordt afgevoerd. Aangezien de optredende spanningen relatief hoog zijn en waarden bereiken van 50 tot 100 V, moet de lek van de diode uiterst gering zijn.

Gedurende de synchroniseerpulsen daalt de parallel aan de belastingsweerstand van de videoversterker van 3,9 k Ω staande weerstand tot de lage waarde van de geleidende diode. Grote lek van de diode is dus oorzaak dat gedurende de synchroniseerpulsen de versterking van de videotrap sterk vermindert, waardoor de kans bestaat dat door verkleining van de synchroniseerpulsen de synchronisatie van het beeld teloor gaat.

De diode OA 61 heeft ook bij hoge spanningen een zeer geringe lek, en deze diode is dan ook zeer geschikt voor de hier weergegeven schakeling. Zou gedurende de synchroniseerpulsen de belasting op de videoversterker toch te groot zijn, dan kan men dit nog verbeteren door een weerstand van 5 à 10 k Ω in serie met de diode op te nemen.

VOORBEELD VI

Videodetectie en A.V.C. in een televisie-ontvanger

Door gebruik te maken van twee dioden in de videodetector van een televisie-ontvanger, kan de videodetectie gecombineerd worden met de A.V.C.

In deze schakeling (fig. 34) wordt de videodetectie verkregen met behulp van de diode OA 60, terwijl de A.V.C.-spanning tot stand komt met behulp

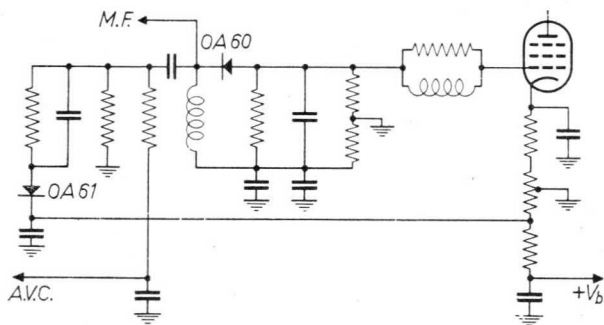


Fig. 34

van de OA 61 in het linkerdeel van het netwerk. De potentiometer in de katodeketen van de videoversterkbuis dient voor het instellen van het contrast, waarbij tevens een variabele uitstelspanning aan de A.V.C.-diode wordt gelegd.

VOORBEELD VII

Dynamische begrenzer voor F.M. ontvangers

Voor het onderdrukken van resten van amplitudemodulatie in de detector

van een ontvanger van in de frequentie gemoduleerde signalen, kan gebruik worden gemaakt van de onderstaande schakeling (fig. 35).

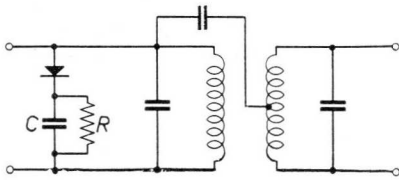


Fig. 35

Voor signalen waarvan de amplitude niet meer bedraagt dan 5 V wordt met behulp van een germaniumdiode van het type OA 50 een goede begrenzing verkregen. De capaciteit c heeft een waarde van $10 \mu\text{F}$ 50 V, de weerstand R een waarde van 10.000Ω .

VOORBEELD VIII

„Clipper”

Een schakeling waarmee het mogelijk is van een sinusvormige spanning een spanning te maken van min of meer rechthoekige vorm, is nevenstaande van fig. 36.

Afhankelijk van de waarden van C en R , welke gekozen kunnen worden in overeenstemming met de frequentie van het signaal, wordt een meer of minder groot deel van de toppen van de sinus afgesneden.

Symmetrische spanningspulsen kunnen met behulp van dezelfde schakeling worden verkregen wanneer deze spanning wordt afgenomen van de weerstand R_1 .

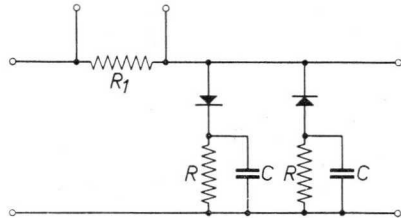


Fig. 36

Als diode komt in deze schakeling in aanmerking de diode OA 50.

VOORBEELD IX

Menging met germaniumdiode

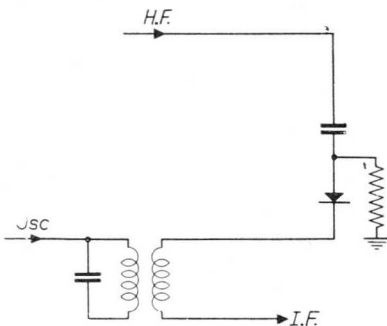


Fig. 37

Voor menging zijn de geringe capaciteit en de scherpe knik in de karakteristiek van germaniumdioden van zeer groot belang.

Het is daarom zeer goed mogelijk volgens het principe der additieve menging een mengschakeling op te bouwen die in het bijzonder voor zeer hoge frequenties van veel belang is.

Een dergelijke schakeling kan worden samengesteld als in fig. 37.

Als diode wordt voor deze schakeling aanbevolen de OA 60.

VOORBEELD X

Eenvoudige detectorontvanger

Een eenvoudige detectorontvanger is nog steeds voor de beginnende radio-amateur een zeer geliefd apparaat, dat op niet te grote afstanden van een zender op hoofdtelefoon zeer behoorlijke resultaten levert.

De bezwaren welke een dergelijke ontvanger, voorzien van een klassieke kristaldetector, aankleefden, en die zich uitten in onstabiliteit en moeilijke instelbaarheid, worden door gebruik te maken van de moderne germaniumdioden geheel opgeheven.

Daar de sperweerstand van een germaniumdiode, in tegenstelling met die van de hoogvacuümdiode, een eindige waarde heeft, en de gelijkrichter belast wordt met een 2000 à 4000 Ω koptelefoon, kan de diode een merkbare demping uitoefenen op de afgestemde

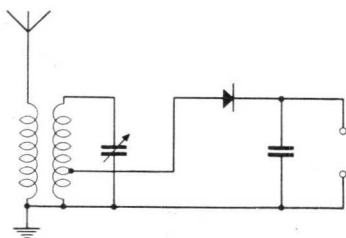


Fig. 38

koptelefoon. Een type met een weerstand van $2 \times 2000 \Omega$ wordt hiervoor aanbevolen. Moderne laagohmige telefoons voldoen in deze schakeling minder goed.

Op grote afstand van de zender wordt niet alleen het signaal te zwak voor een goede ontvangst, maar komt bovendien de diode te werken in het deel van de karakteristiek (10–100 μV) waarin de diode zich gedraagt als ohmse weerstand en vrijwel geen gelijkrichting meer optreedt.

Uiteraard dient een dergelijke eenvoudige ontvanger te worden aangesloten aan een goede buitenantenne en een goede aardleiding.

Ook voor het ontvangen van in de frequentie gemoduleerde signalen kan dezelfde schakeling worden gebruikt. Door afstemming in het midden van de zijband wordt, in verband met de geringe steilheid van de flank der afstemkromme, een goede geluidswaergave verkregen.

Als diode wordt in deze schakeling aanbevolen een diode OA 50 of OA 56 voor frequenties tot 10 Mc. Voor hogere frequenties gebruike men een diode OA 60.

De dimensionnering van de afstemspoel en van de afstemcondensator hangt af van het te ontvangen frequentiegebied.

Voor het middengolfgebied is de vereiste zelfinductie 0,16 mH, waarbij in combinatie met een afstemcondensator van 500 pF een golflengtegebied van $\sim 200\text{--}600$ m wordt bestreken.

De beste resultaten worden met een dergelijke detector dan ook bereikt indien hij wordt aangesloten op een aftakking van de afstemspoel, waarbij de hoogte van de aftakking een compromis is tussen gevoeligheid en selectiviteit (fig. 38).

De gunstige aanpassing aan de diode-detector wordt verkregen met hoogohmige

VOORBEELD XI

Eenvoudige detectorontvanger met verbeterde selectiviteit

Een eenvoudige detectorontvanger waarvan de selectiviteit beter is dan die van de ontvanger van voorbeeld 10, is weergegeven in het schema van fig. 39.

Aangezien de gevoeligheid van een dergelijke ontvanger, welke uiteraard moet worden aangesloten aan een goede buitenantenne en een goede aardleiding, geringer is dan die van de ontvanger van voorbeeld 10, wordt deze ontvanger bij voorkeur gevolgd door een laagfrequentieversterker.

Met een dergelijke versterker van zeer goede kwaliteit wordt een bijzonder goede geluidswaargave verkregen op plaatsen die dicht bij een zender zijn gelegen.

Voor deze schakeling worden aanbevolen de dioden OA 50 en OA 56.

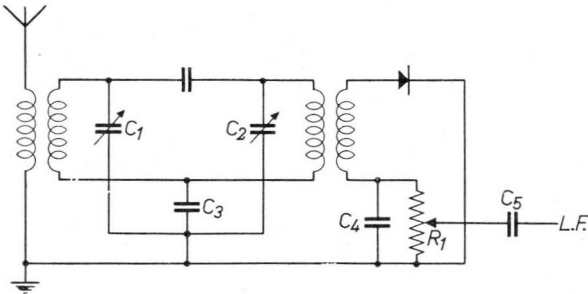


Fig. 39

Voor middelfrequentie zijn aanbevolen waarden der onderdelen:

C_1-C_2	500	pF
C_3	0,02	μF
C_4	330	pF
R_1	0,5	M Ω
C_5	0,02	μF

VOORBEELD XII

Radiowecker

De detectorontvanger van voorbeeld X kan op plaatsen waar een voldoende veldsterkte aanwezig is worden gebruikt als wekker, door de telefoon te vervangen door een gevoelig relais (fig. 40).

Zodra de zender waarop de ontvanger is afgestemd wordt ingeschakeld, wordt het relais bekrachtigd. Door dit relais kan vervolgens een ander apparaat, b.v. een radiotoestel, een zoemer, een lichtbron, worden ingeschakeld.

Een dergelijk van een relais voorzien detector-ontvangapparaat kan ook worden gebruikt voor alle toepassingen waarbij hoogfrequentie-energie wordt uitgestraald. Bewaking van een zender of van een hoogfrequentiegenerator kan geschieden door het relais

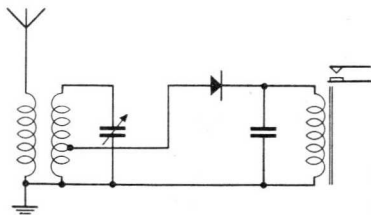


Fig. 40

zodanig aan te sluiten, dat uitvallen van de zender aanleiding is tot het ontstaan van een waarschuwingssignaal.

Voor deze schakeling worden aanbevolen de germaniumdioden OA 50 en OA 56. Overigens dient ook deze ontvanger aan een goede antenne en aan aarde te worden aangesloten.

VOORBEELD XIII

Detectorontvanger zonder antenne

Voor bijeenkomsten waar in verschillende talen aan de deelnemers de tekst van een uitgesproken rede wordt doorgegeven, kan gebruik worden gemaakt van een eenvoudig ontvangersapparaat, dat door de deelnemers in de jas kan worden gedragen en geen batterijvoeding behoeft.

Daartoe worden om de ruimte waarin de deelnemers zich bevinden enige antennelussen gelegd, gevoed door een oscillator welke gemoduleerd is met de uit te zenden signalen.

Als ontvanger wordt gebruikt een eenvoudige diodedetector, die is aangesloten op een antenne-afstemspoel, gewikkeld op een Ferroxcube staafantenne. De spoel wordt voor de diverse te ontvangen frequenties afgestemd met behulp van inschakelbare capaciteiten.

De koppeling van de Ferroxcube antenne met het veld binnen de antennelus welke zich om de ruimte bevindt, hangt af van de stand van de Ferroxcube antenne. Door deze te wijzigen, wordt op eenvoudige wijze geluidsterktereregeling verkregen. Binnen de antennelus is de geluidsterkte overal vrijwel even groot; buiten de antennelus neemt de veldsterkte zeer sterk af, en is deze op reeds enkele meters buiten de lus onwerkzaam.

De energie nodig voor het voeden van de antennelus bedraagt voor zeer grote zalen ongeveer 4 tot 5 W.

De energie nodig voor het voeden van de antennelus bedraagt voor zeer grote zalen ongeveer 4 tot 5 W.

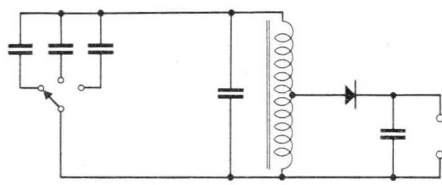


Fig. 41

Een schema van de ontvanger toont fig. 41.

Als diode wordt aanbevolen de diode OA 50 of OA 56.

Een dergelijke ontvanger is ook zeer geschikt voor andere toepassingen.

Voorbeelden hiervan, die ongetwijfeld nog met vele andere kunnen worden uitgebreid, zijn: rondleiding in musea, waarbij van zaal tot zaal de tekst die behoort bij de daar aanwezige collectie kan worden uitgezonden; het uitzenden in bioscopen van filmprogramma's met synchrone tekst in de taal van het land, waarbij de bezoekers voorzien zijn van een ontvanger; het geven van algemene aanwijzingen aan personeel in inrichtingen waar stilte moet heersen, als cinema en televisiestudio's, ziekenhuizen; in autobussen, op boten, enz., voor het geven van inlichtingen, enz.

VOORBEELD XIV

Detectie en A.V.C. in omroepontvangers

In omroepontvangers waaraan geen al te hoge eisen gesteld worden aan versterking en automatische volumeregeling, kunnen germaniumdioden worden gebruikt voor demodulatie en voor het verkrijgen van de noodzakelijke regelspanning.

Teneinde de invloed van de demping op de voorafgaande M.F. kring zo klein mogelijk te houden, is het aan te bevelen de dioden aan te sluiten op

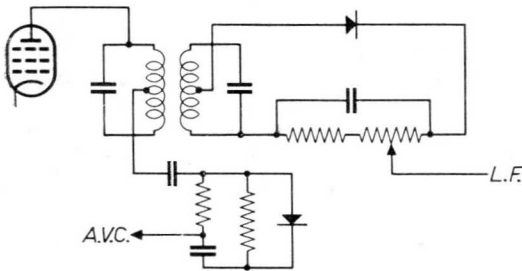


Fig. 42

een deel van de wikkeling van het bandfilter, hoewel in dat geval de ter beschikking staande regelspanning nog verder wordt verlaagd.

Een schema voor een dergelijk detectiegedeelte van een omroepontvanger toont fig. 42.

Als diode komt in deze schakeling in aanmerking

de OA 50; voor hogere eisen kan ook de diode OA 51 worden aanbevolen.

VOORBEELD XV

Inrichting voor het opwekken van impulsen

Het omzetten van een rechthoekige spanning in impulsen kan geschieden met een schakeling als hieronder in fig. 43 is weergegeven.

Door parallelschakelen van een zelfinductie, een weerstand, een capaciteit en een germaniumdiode, ontstaat een trillingskring die, aangesloten op een rechthoekige ingangsspanning, impulsen doorlaat.

De steilheid van de impuls wordt bepaald door de eigenfrequentie van de kring. Een zo steil mogelijke flank wordt bereikt door de eigen-capaciteit van de zelfinductie en de daaraan parallel liggende capaciteit van de diode en de bedrading zo klein mogelijk te houden.

Afhankelijk van de amplitude van de aangelegde spanning, worden voor deze schakeling aanbevolen de dioden:

OA 50, voor een maximum amplitude van 40 V,

OA 56, voor een maximum amplitude van 70 V,

OA 55, voor een maximum amplitude van 120 V.

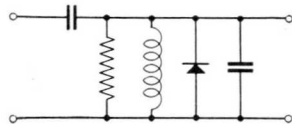


Fig. 43

VOORBEELD XVI

Meet- en af luistertaster voor het meten van hoogfrequentiespanning

Voor het meten van hoogfrequentiespanningen wordt in de radiotechniek veel gebruik gemaakt van een taster die voorzien is van een diode, en die als meetstift op de te meten plaats in het apparaat kan worden gebracht. Een dergelijke meetstift kan door een betrekkelijk lange leiding worden verbonden met een meetversterker.

Wordt in een dergelijke meettaster een hoogvacuümdiode ingebouwd, dan moeten de voedingsleidingen voor deze diode mede in de verbindingkabel worden ondergebracht.

Indien voor gelijkrichting een germaniumdiode wordt gebruikt, kan worden volstaan met een taster van zeer kleine afmetingen, die door een eenvoudige coaxiale kabel is te verbinden met de meetversterker.

Met een dergelijke meettaster kunnen frequenties van enkele tientallen c/s tot enkele honderden Mc/s worden gemeten. De boven ongeveer 100 Mc/s optredende vermindering in detectierendement kan zo nodig door een frequentie-afhankelijke spanningsdeler worden gecompenseerd.

Een geschikte schakeling voor een dergelijke meetstift is weergegeven in fig. 44.

Als dioden kunnen voor deze meettaster worden aanbevolen:

- voor 20 V_{eff} , OA 50,
- voor 25 V_{eff} , OA 56,
- voor 50 V_{eff} , OA 55.

De bouw van de meettaster kan zijn als in fig. 45.

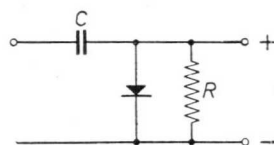


Fig. 44

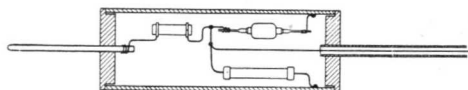


Fig. 45

VOORBEELD XVII

Tweeweg signaalinrichting

Een schakeling waarmee met behulp van een schakelaar naar keuze twee verschillende posten op één kanaal zijn te verbinden, kan worden samengesteld door gebruik te maken van het verschil in doorlaatbaarheid in de voorwaarts- en in de sperrichting van een germaniumdiode.

Als signaalgever komt bij voorbeeld een microfoon in aanmerking, zodat op eenvoudige wijze een telefooninstallatie kan worden gebouwd. Door de schakelaar kan naar keuze een bericht worden doorgegeven naar hetzij de ene, hetzij de andere post.

Door in de diodeketens relais aan te brengen, kunnen op twee plaatsen

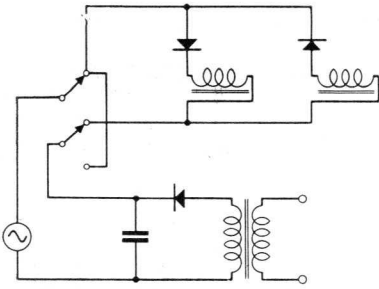


Fig. 46

ook acoustische of optische signalen worden gegeven, toestellen worden ingeschakeld of uitgeschakeld.

Afhankelijk van de stand van de schakelaar, wordt hetzij de ene diode, hetzij de andere in de voorwaartsrichting belast, waardoor die diode stroom doorlaat, terwijl de andere spert.

De voedingsspanning, welke met behulp van droge batterijen of met een eenvoudige, eveneens van een germaniumdiode voorziene gelijkrichter wordt verkregen,

wordt aangepast aan de lengte van de in gebruik zijnde leidingen.

Als dioden in deze schakeling komen in aanmerking de OA 50 en OA 56.

VOORBEELD XVIII

Tijdschakelaar met germaniumdiode

Een zeer eenvoudige tijdschakelaar voor het bedienen van afdruk- en vergrotingsapparaten of andere in de tijd te controleren elektrische apparaten, kan worden vervaardigd zoals is aangegeven in onderstaande schakeling (fig. 47).

Door middel van een diode, bij voorkeur de OA 50, wordt de condensator C opgeladen als de schakelaar S in positie 1 staat. De capaciteit van deze condensator moet ten minste $1000 \mu\text{F}$ zijn; nog beter is een waarde van enkele duizenden μF . In stand 2 van de schakelaar wordt het relais bekrachtigd en de verbruiker 2-2' op het net aangesloten. Dit relais valt weer af als de spanning aan de condensator beneden een bepaalde waarde daalt.

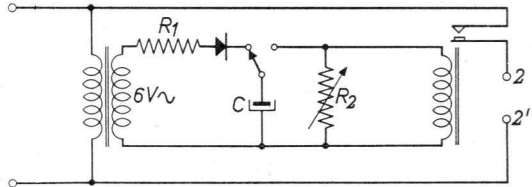


Fig. 47

De onlaadtijd van de condensator wordt bepaald door de weerstand van het relais, dat hoogohmig dient te zijn, bij voorbeeld een weerstand heeft van 10.000Ω , en door de regelbare weerstand R_2 , waarvoor een waarde van 50.000Ω wordt gebruikt.

De onlaadtijd van de condensator wordt bepaald door de weerstand van het relais, dat hoogohmig dient te zijn, bij voorbeeld een weerstand heeft van 10.000Ω , en door de regelbare weerstand R_2 , waarvoor een waarde van 50.000Ω wordt gebruikt.

VOORBEELD XIX

Apparaat voor het regenereren van kleine droge batterijen

Kleine droge batterijen, als in zaklantaarns en in hoorapparaten worden gebruikt voor de voeding van de gloeidraden der versterkbuizen, kunnen, voor zover zij niet te ver ontladen zijn, grotendeels worden geregenereerd door ze gedurende enige tijd, afhankelijk van de mate waarin ze ontladen zijn, te onderwerpen aan stroomdoorgang.

Voor kleine batterijen kan een laadstroom van de orde van 2–5 mA worden toegelaten.

De behandeling mag in geen geval worden voortgezet zodra de batterij warm begint te worden.

Voor deze laadapparaatuur is de diode OA 50 aangewezen (fig. 48).

Met dezelfde apparaatuur kunnen kleine accumulatoren, als voorkomen in hoorapparaten en batterij-radioapparaten, worden opgeladen.

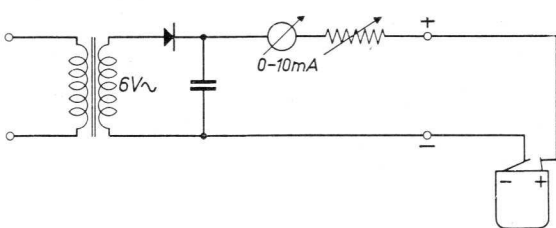


Fig. 48

VOORBEELD XX

Inrichting voor het galvaniseren van kleine voorwerpen

Voor het bedekken van kleine voorwerpen, als contacten, veren, juwelen, tandheelkundige utensiliën en dergelijke, met een galvanische laag, kan met behulp van een germaniumdiode een zeer eenvoudig galvanisch bad worden verkregen.

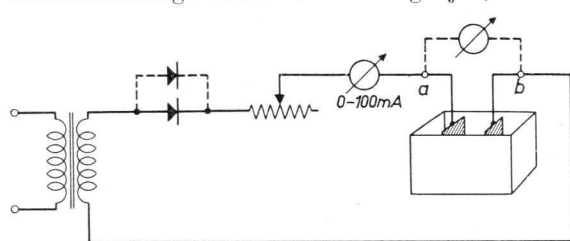


Fig. 49

Met een transformator met secundaire spanning van 5–10 V, b.v. een scheltransformator, en een diode OA 50, kan een gelijkstroom worden verkregen van ongeveer 30 mA. Is een grotere gelijkstroom nodig, dan kunnen verscheidene dioden OA 50 parallel worden geschakeld (fig. 49).

Bij het instellen van de juiste waarde, welke afhangt van de grootte van het te behandelen oppervlak, wordt gebruik gemaakt van een regelbare weerstand van 100 Ω. Zo nodig kan de badspanning op de punten a en b met behulp van een voltmeter worden gecontroleerd.

VOORBEELD XXI

Ontstoring van contacten

Schakelvonken welke optreden bij het schakelen van relais, motoren, trillers enz., storen de radio-ontvangst en geven bovendien aanleiding tot overmatige contactslijtage.

Door het afschakelen van de stroom in een verbruiker welke met gelijkstroom wordt gevoed, ontstaat in de zelfinductie een aan de gelijkspanning tegengestelde inductiespanning, die tracht de gelijkstroom in stand te

houden. Zonder verdere maatregelen kan deze inductiespanning aanleiding zijn tot het ontstaan van een vonk bij het verbreken van het contact.

Door parallel aan de zelfinductie een diode te schakelen, met de katode aan de + pool van de verbruiker, wordt de inductiespanningsspits onschadelijk gemaakt, daar de inductiestroomkring door de diode wordt kortgesloten. Belasting van de gelijkstroombron treedt niet op, daar de diode ten opzichte van deze bron in de sperrichting is geschakeld.

Ontstoring met behulp van een germaniumdiode is in vele gevallen werkzaamere dan ontstoring door condensatoren. Zij is echter slechts bruikbaar voor lage spanningen, daar vele elektrische apparaten, als b.v. scheerapparaten, inductie-spanningsspitsen veroorzaken van 1000 V en meer, die door de diode niet verwerkt kunnen worden.

Bij het ontstoren van relais dient rekening te worden gehouden met een vertraging in de afvaltijd. Ook kan nog een diode over de contacten worden geplaatst.

Als voorbeeld van een germaniumdiode voor ontstoring van een kleine gelijkstroommotor diene de schakeling weergegeven in fig. 50.

Als ontstoor-diode wordt aanbevolen de germaniumdiode OA 50.

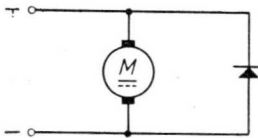


Fig. 50

VOORBEELD XXII

Germaniumdiode voor het opwekken van negatieve roosterspanning in een fotocel relais

Om een algemene indruk te geven van de toepassing van germaniumdioden in elektrische meet- en regelapparatuur, is hieronder als willekeurig voorbeeld in fig. 51 een schakeling gegeven van een lichtrelais met fotocel, waarbij de voor de gastetrode noodzakelijke negatieve roosterspanning wordt verkregen met behulp van een germaniumdiode.

De voor de germaniumdiode OA 50 maximaal toelaatbare spanning in de sperrichting bedraagt 60 V. De diode mag dus worden aangesloten op een spanning van $20 V_{eff}$, waarbij een negatieve roosterspanning van $\sim 25 V$ ter beschikking komt.

De potentiometer voor regeling van de negatieve roosterspanning is van het draadgewonden type met een weerstandswaarde van 2000 Ω . De diode is dan belast met 12,5 mA.

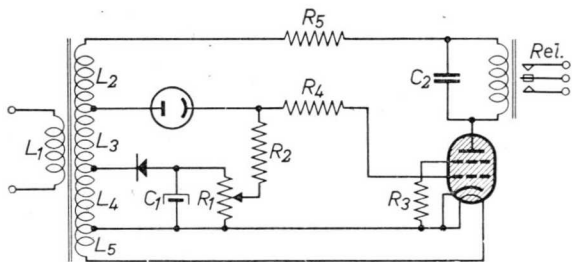


Fig. 51

C_1	25 μF	50 V.	R_1	draadgewonden pot.meter	2 k Ω	1 W
C_2	0.5 μF	500 V.	R_2		8,2 m Ω	0,5 W
			R_3		0,1 m Ω	0,5 W
			R_4		0,1 m Ω	0,5 W
			R_5		1,2 k Ω	1 W
L_1		= 220 V		diode	OA 50	
$L_2 + L_3 + L_4$		= 195 V		gastetrode	PL 21	
L_5		= 6,3 V - 0,6 A				
L_4		= 20 V - 0,1 A				
Rel.		= 15 k Ω		gelijkstroomweerstand		

VOORBEELD XXIII

Gebruik van germaniumdioden met relais

Met germaniumdioden kunnen gevoelige relais worden vervaardigd. Relais die met wisselstroom worden gevoerd ratelen vaak. Dit kan men voorkomen door gebruik van gelijkstroomrelais in combinatie met germaniumdioden. Niet alleen ratelt een dergelijk relais niet, maar bovendien is zijn ohms verbruik zeer veel geringer, en is het daardoor belangrijk kleiner en lichter.

Wordt, zoals in fig. 52, de relaisspoel in het midden afgetakt en verbonden met twee dioden, een brugschakeling dus, dan blijft de flux in de spoel constant over beide halve perioden van de wisselspanning.

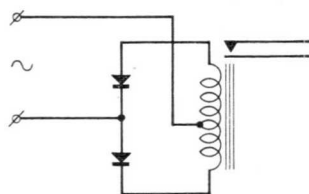


Fig. 52

Dit relais is hierdoor gevoelig en vrij van ratelen.

Vonken van de relaiscontacten kunnen met behulp van germaniumdioden worden onderdrukt.

Zoals is aangegeven in fig. 53, wordt parallel aan de belasting een diode geschakeld, zodanig dat de spanningsval over de belasting in de sperrichting van de diode staat. De diode verbruikt dus slechts zeer weinig stroom. Zodra het

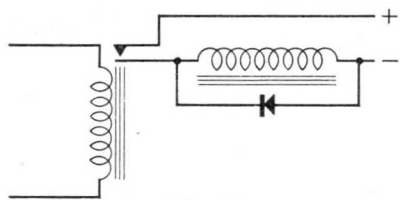


Fig. 53

bruikt dus bij gesloten contact slechts een contact gesperd wordt, ontstaat door het verdwijnende magnetische veld een spanningsstoot van tegengestelde polariteit, welke door de diode wordt afgeleid.

Voor zwaardere belastingen kunnen verscheidene dioden parallel worden geschakeld, en bij voorkeur wordt in serie met elke diode een weerstand aangebracht, om de stroom gelijkmatig over de dioden te verdelen (fig. 54).

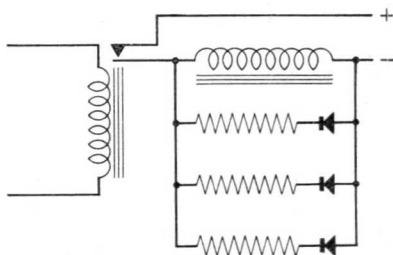


Fig. 54

VOORBEELD XXIV

Ratiodetector voor F.M. ontvangers

Als ratiodetector in F.M. ontvangers kan gebruik worden gemaakt van twee germaniumdioden, welke in principe zijn geschakeld zoals in fig. 55.

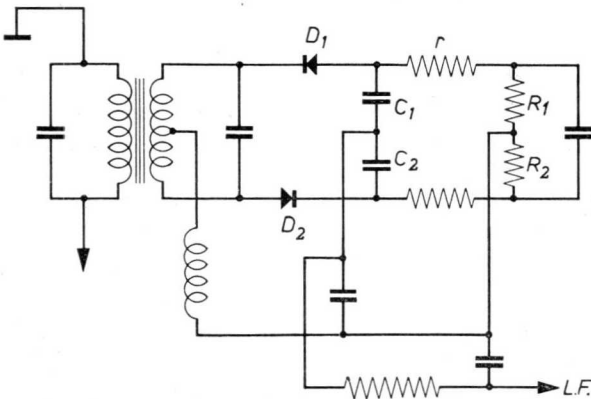


Fig. 55

De spanningen over de beide dioden komen met gelijke polariteit op de condensatoren C_1 en C_2 , en daar de som dezer spanningen nagenoeg constant is, staat in afstemming tussen het midden van de condensatoren C_1-C_2 en de weerstand R_1-R_2 alleen de laagfrequentiespanning die aan de L.F. versterker wordt toegevoerd.

Voor deze schakeling is het van belang, dat de dioden D_1 en D_2 een gelijke karakteristiek vertonen, waartoe paren dioden bij elkaar gezocht kunnen worden. Om de goede werking van deze detector ook voor langere tijd te behouden, moeten de dioden ook over langere tijd dezelfde karakteristiek blijven vertonen en dezelfde temperatuurcoëfficiënt bezitten. In verband met de hoge frequenties welke voor F.M. worden gebruikt, kan niet elke diode voor deze schakeling worden gebruikt.

VOORBEELD XXV

Ringmodulator

Ringmodulatoren die worden gebruikt in draaggolf-telefoniesystemen, bestaan uit vier dioden, welke tussen twee transformatoren zijn geschakeld op de wijze aangegeven in fig. 56. De ringmodulator heeft ten doel de laagfrequentie-spraaktrillingen te moduleren op een draaggolf, waarbij tevens de draaggolf zelf wordt onderdrukt.

Ook in deze schakeling worden hoge eisen gesteld aan de symmetrie der dioden, niet alleen bij de fabricage van de modulator, maar ook tijdens de levensduur. Zodra afwijkingen in de dioden optreden, ontstaan

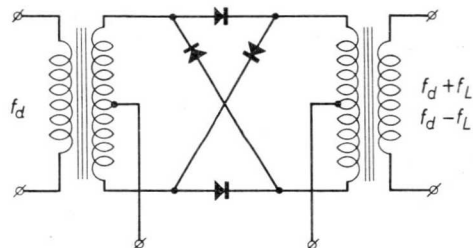


Fig. 56

naast de frequenties $f_d + f_i$ en $f_d - f_i$ andere modulatieproducten, welke de goede werking der apparatuur kunnen verstoren. Dioden voor ringmodulatoren dienen dus aan zeer hoge eisen te voldoen voor wat betreft de stabiliteit en de reproduceerbaarheid.

VOORBEELD XXVI

Plaatstroomapparaat voor transistorontvanger

Voor de voeding van met transistoren uitgeruste apparaten is een spanning nodig van 20 tot 30 V; het stroomverbruik heeft een waarde van 10 tot 20 mA.

De germaniumdiode is de aangegeven gelijkrichter voor een p.s.a. voor de voeding van een dergelijke ontvanger (fig. 57).

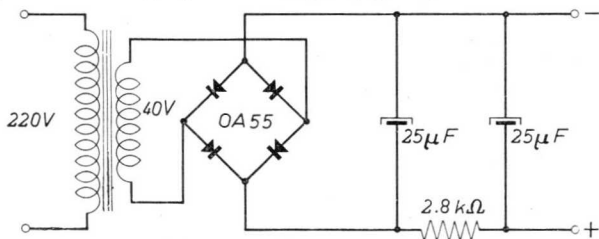


Fig. 57

VOORBEELD XXVII

Souffleurontvanger

Een zeer kleine ontvanger, voorzien van een telefoon als wordt gebruikt in apparaten voor slechthorenden, kan dienen voor het souffleren van toneelspelers, voor sprekers op vergaderingen, enz. De ontvanger bestaat uit een dipool, waartussen zich een germaniumdiode bevindt. Parallel aan de dipool is de telefoon geschakeld, met de diode verbonden door twee smoorspoelen.

De dipool kan in de kleding worden ondergebracht, daar de lengte niet bijzonder kritisch is; de zender zal zich namelijk steeds op zeer korte afstand van de ontvanger bevinden, en steeds zal voldoende energie worden ontvangen.

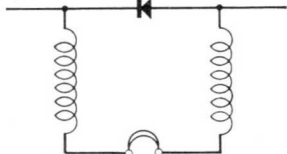


Fig. 58

Een bruikbaar schema voor een dergelijke ontvanger is het volgende (fig. 58):

In verband met de hoge frequenties, verdient hier het gebruik van een diode van

het type OA 60 de voorkeur.

PHILIPS TECHNISCHE BIBLIOTHEEK

De Philips Technische Bibliotheek is onderverdeeld in 4 hoofdseries:

- a. Electronenbuizen
- b. Licht en Verlichting
- c. Diversen
- d. Populaire serie

De boeken van de eerste drie series zijn geschreven op M.T.S. niveau; de populaire serie is bestemd voor technici met een lagere technische opleiding, resp. voor leken, ofschoon ook de hoger ontwikkelde hier menig werk in zal aantreffen, waarvan hij veel nut kan hebben.

De boeken van de series a, b en c zijn gebonden in linnenband met stofomslag in kleuren; formaat $15,5 \times 23,5$ cm (andere afmetingen worden steeds in de aankondigingen en in de catalogus vermeld). De boeken van serie d verschijnen in één kleurrijke integralband, formaat $14,8 \times 21$ cm.

De meeste werken komen uit in vier talen: *Nederlands, Duits, Engels en Frans*. Sommige boeken verschijnen in één of twee talen.

Serie electronenbuizen

- Deel I Ir. J. Deketh: „Grondslagen van de Radiobuizentechniek”
Deel II Ir. J. Deketh: „Gegevens en Schakelingen van moderne ontvang- en versterkerbuizen”
Deel III J. Otte: Idem. 1e supplement
Deel IIIA N. S. Markus en J. Otte:
Idem. 2e supplement
Deel IIIB N. S. Markus en J. Vink: Idem. 3e supplement
Deel IIIC J. Jager: „Gegevens en Schakelingen van Televisie-Ontvangbuizen”
Deel IV Dr. B. G. Dammers, J. Haantjes, J. Otte en Ir. H. van Suchtelen:
Toepassing van de Electronenbuis in Radio-Ontvangtoestellen en Versterkers, 1
Deel V Idem, 2
Deel VI Idem, 3
Deel VII Ir. J. P. Heyboer: „Zendbuizen”
Deel VIIIA A. G. W. Uitjens: „Television Receiver Design” 1
Deel VIIIB Ir. P. A. Neeteson: Idem, 2
Deel IX Ir. P. A. Neeteson: „Vacuum Valves in Pulse Technique”
(De Delen IIIB–VI–IX en X zijn in voorbereiding.)

Serie Licht en Verlichting

- a) Ir. L. C. Kalff: „Kunstlicht en Architectuur”
- b) Prof. Dr. C. Zwikker: „Fluorescentieverlichting”
- c) Ir. P. J. Oranje: „Gasontladinglampen”
- d) Dr. G. D. Rieck & Ir. L. H. Verbeek: „Kunstlicht en Fotografie”
- e) Joh. Jansen: „Beleuchtungstechnik”
- f) Dr. P. J. Bouma: „Kleuren en Kleurindrukken”
- g) H. Zijl: „Manual for the Illuminating Engineer on Large-size Perfect Diffusors”
- h) H. A. E. Keitz: „Lichtberechnungen und Lichtmessungen”

Serie „Diversen”

- 1) F. Kerkhof & Ir. W. Werner: „Televisie”
- 2) Dr. Ir. N. A. J. Voorhoeve: „Laagfrequentie Versterkingstechniek”
- 3) Dr. R. Kretzmann: „Industrial Electronics”
- 4) G. W. van Santen: „Mechanische Trillingen”
- 5) G. H. Hepple: „X-Ray in Dental Practice”
- 6) Dr. W. Parrish: „Data for X-Ray Analysis I”
- 7) Dr. W. Parrish: Idem II
- 8) Dr. Ing. E. M. H. Lips: „Metaalkunde en Constructie”
- 9) Ir. A. H. Schaafsma en Ir. F. G. Willemze: „Modern Kwaliteitsbeleid”
- 10) Dipl. Ing. J. Cornelius: „Korte Samenvatting der Electriciteitsleer”
- 11) Prof. J. J. Koch e.a.: „Rekstrookjes Meettechniek”
- 12) Dr. W. de Groot e.a.: „Ferro Magnetische Materialen”
- 13) Dr. Ir. M. Gevers: „Hoogfrequentiemetingen”
(In voorbereiding 12 en 13).

Populaire serie

- 1) E. Rodenhuis: „Buizen voor L.F. Versterking”
- 2) A. H. Bruinsma: „Radiografische Afstandsbediening”
- 3) E. Rodenhuis: „Batterij Buizen”
- 4) Dr. S. D. Boon: „Germanium Dioden”
- 5) Harley Carter: „Kathodestraalbuizen”
- 6) J. Haantjes: „De Familie Odes en Trons”
- 7) Dr. D. Vrij: „Kernphysica”
(In voorbereiding 3, 4, 5 en 6).

