

PHILIPS SERVICE MAANDBLAD



SPECIAAL VOOR ERKENDE RADIO SERVICE-HANDELAREN

AUTEURSRECHT VOORBEHOUDEN

• GEGEVENS ZONDER OCTROOIGARANTIE

• UITGAVE: PHILIPS NEDERLAND N.V.

DE TRANSISTORS (3)

Germanium verontreinigd met indium

Een geheel andere situatie ontstaat als het germanium met een driewaardige stof, dus een stof met drie valentie-elektronen, wordt verontreinigd (zie fig. 11). Een voorbeeld van een driewaardige stof is indium. Daar het driewaardige atoom weer in de minderheid is, moet het zich aan de kristalstructuur van het germanium aanpassen. Dit betekent, dat de drie valentie-elektronen onmiddellijk worden gebonden door de valentie-elektronen van de nabij gelegen germaniumatomen. Om de kristalstructuur echter compleet te maken, missen wij een elektron in de valentieschil van het indiumatoom. Dit atoom zal dan ook een elektron van een nabij liggend germaniumatoom in zijn valentieschil opnemen (C in fig. 11). De gevolgen hiervan zijn:

1. Het indium wordt volledig in de kristalstructuur van het germanium opgenomen.
2. Het elektron, dat uit de valentieschil van het germaniumatoom C is verwijderd, laat daar een gat achter. Dit gat zal op zijn beurt trachten een elektron aan te trekken onverschillig of het een vrij elektron is dan wel één, dat gebonden is aan een nabij germaniumatoom.

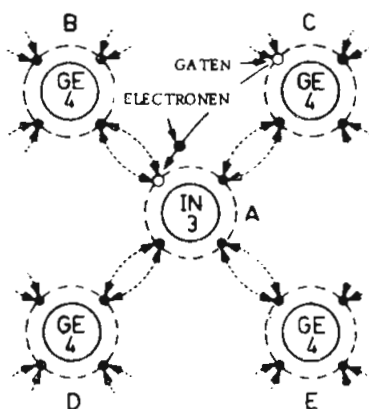


fig. 11

Vangt het een vrij elektron, dan zal dit het gat zonder meer opvullen. Trekt het daarentegen een valentie-elektron van een naburig gelegen atoom tot zich, dan betekent dit dat aldaar weer een gat ontstaat, m.a.w. het gat heeft zich dan verplaatst.

Germanium, dat verontreinigd is met een driewaardige stof en waarin zich dus veel gaten hebben gevormd, staat in de transistortechniek bekend als P-germanium (P als eerste letter van positief). Dit positief zijn wordt veroorzaakt door het grote aantal gaten, die elk een positieve lading vertegenwoordigen. In de literatuur worden de indium atomen in het P-germanium veelal „acceptoren” genoemd, daar het indiumatoom een vierde valentie-elektron ontvangt. De kennis van bovengenoemde natuurkundige grondslagen is nodig om het transistoreffect te kunnen verklaren.

In het nu volgende gedeelte vormen bovengenoemde fysische principes de basis voor de verklaring van de werking en de constructie van de transistor in het algemeen en de lagentransistor in het bijzonder.

Bijzonderheden betreffende N- en P-germanium

In de voorgaande gedeelten is dus een methode aangegeven om het aantal vrije elektronen resp. het aantal gaten in zuiver germanium te vergroten, nl. door het germanium te verontreinigen met bepaalde stoffen.

Vergroting van het aantal vrije elektronen werd verkregen door het germanium, dat 4 valentie-elektronen bezit, te verontreinigen met een stof, die er 5 bezit, zoals arsenicum of antimoon. De methode, waarop deze verontreiniging in de praktijk wordt uitgevoerd, wordt later uitvoerig beschreven.

Het aldus verontreinigde germanium, dat bekend staat onder de naam N-germanium (zie ook het S.M. nr. 7), zal nu nader onder de loep worden genomen. In deze germaniumsoort zijn zowel vrije elektronen als gaten aanwezig. De eerste worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de verontreiniging met de vijfwaardige stof, terwijl de gaten ontstaan, doordat tengevolge van de van buiten af toegevoerde energie in de vorm van licht en/of

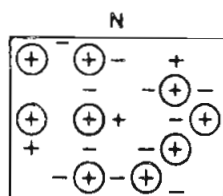


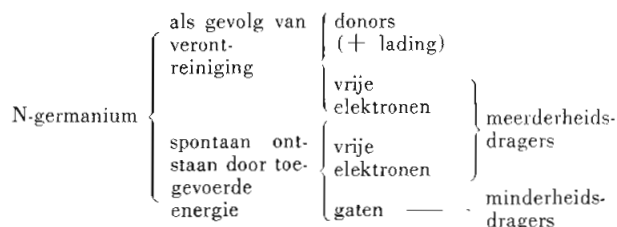
fig. 12

warmte bij een aantal atomen een elektron zijn valentieschil verlaat en bijgevolg aldaar een gat achterlaat.

In fig. 12 is schematisch een stukje N-germanium getekend. De atomen van het element, dat de verontreiniging veroorzaakt, b.v. arsenicum, zijn hier in de kristalstructuur van het germanium opgenomen en hebben bijgevolg elk een valentie-elektron losgelaten. Deze arsenicumatomen, ook wel „donors” genaamd (aangegeven met (+) in fig. 12) bezitten een positieve lading. In de ruimte tussen de „donors” en de germaniumatomen bevinden zich de vrije elektronen (aangegeven met —), die zich hier tussen dus vrij kunnen bewegen. De gaten (aangegeven met +) bevinden zich in de valentieschillen van een aantal germaniumatomen en zijn bijgevolg ook mobiel.

Daar de vrije elektronen verreweg het grootst in aantal zijn, worden ze de *meerderheidsdragers* genoemd. Dit in tegenstelling tot de gaten, die hier de *minderheidsdragers* zijn.

Het geheel kan schematisch als volgt worden voorgesteld:



Een vergroting van het aantal gaten wordt verkregen door het germanium te verontreinigen met een drie-waardig element, b.v. indium. Het indiumatoom neemt nu nog een vierde elektron in zijn valentieschil op om te kunnen worden opgenomen in de kristalstructuur van het germanium. Dit vierde valentie-elektron is dan afkomstig van een naburig germaniumatoom. In feite heeft het indiumatoom dus één elektron te veel en vertegenwoordigt bijgevolg een negatieve lading. Zij worden „acceptoren” genoemd, want zij ontvangen een extra-elektron.

Germanium, dat op deze wijze is verontreinigd, staat bekend als P-germanium (zie ook het S.M. nr. 7). In het P-germanium zijn behalve acceptoren ook nog vrije elektronen en gaten aanwezig. De acceptoren, die in de kristalstructuur van het germanium zijn opgeno-

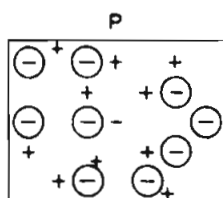
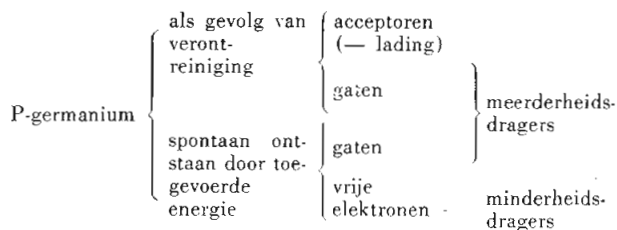


fig. 13

men, zijn in fig. 13 aangegeven met (—), de vrije elektronen met — en de gaten met +. De gaten zijn hier het grootst in aantal en worden dan ook de meerderheidsdragers genoemd. De vrije elektronen zijn de minderheidsdragers. Deze vrije elektronen ontstaan weer spontaan als gevolg van toegevoerde energie.

Het geheel kan schematisch als volgt worden voorgesteld:



De P-N overgang

Nu zal worden nagegaan, wat er gebeurt, wanneer over een bepaald oppervlak het N- en P-germanium met elkaar in contact worden gebracht.

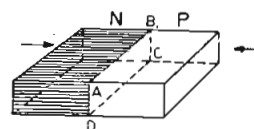


fig. 14

In fig. 14 zijn een stukje N- en een stukje P-germanium getekend, die elkaar over een oppervlak A, B, C en D raken. Zulk een contact, waarbij verondersteld wordt, dat de atomen van het P-germanium tegen die van het N-germanium liggen, wordt een P-N overgang (in het Engels P-N junction) genoemd. Op welke manier een dergelijke P-N overgang in de praktijk wordt verkregen, zal later worden beschreven.

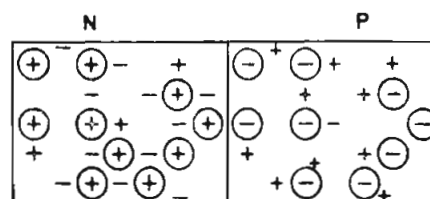


fig. 15

In fig. 15 is schematisch een P-N overgang getekend, waarbij de atomen uit het P-germanium tegen die van het N-germanium liggen. Op het eerste gezicht lijkt de situatie nu vrij eenvoudig. De gaten uit het P-germanium zullen zich naar de vrije elektronen in het N-germanium bewegen wat het gevolg zal hebben, dat de P-N overgang ophoudt te bestaan. Een nadere beschouwing van de situatie zal echter aantonen, dat een dergelijke redenering niet opgaat.

In fig. 16 is een dergelijke N-P overgang schematisch voorgesteld. De vrije elektronen in het N-germanium zullen trachten om zich naar de gaten in het P-germanium te begeven en omgekeerd. (De gemiddelde richting van de bewegingen van gaten en vrije elektronen is die van de pijlen in fig. 16). Bovengenoemde beweging zou

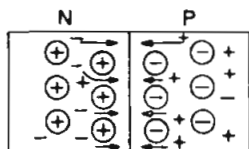


fig. 16

inderdaad plaatsvinden indien de atomen, die het germanium verontreinigen geen elektrische lading bezaten. Deze atomen, die een elektrische lading bezitten, de donoren en acceptoren, die resp. een positieve en negatieve elektrische lading bezitten, zijn opgenomen in de kristalstructuur van het germanium. Dit betekent, dat genoemde ladingsdragers zich niet kunnen bewegen en bijgevolg een elektrostatisch veld veroorzaken. Een vrij elektron van het N-germanium, dat zich naar een gat in het P-germanium wil bewegen, wordt nu afgestoten door de negatief geladen acceptoren. Deze acceptoren vormen als het ware een barrière voor de vrije elektronen in het N-germanium en alleen enkele elektronen, die voldoende snelheid bezitten, gelukt het om deze barrière te overschrijden. Daarentegen worden de gaten (de minderheidsdragers) door de acceptoren aangetrokken, doch hun beweging wordt afgeremd door de gaten aanwezig in het P-germanium.

Hetzelfde geldt voor de gaten in het P-germanium, die worden afgestoten door de positief geladen donoren in het N-germanium, terwijl de vrije elektronen in het P-germanium, de minderheidsdragers, een aantrekkende kracht van deze donoren ondervinden. De invloed, die de donoren en acceptoren op de meerderheidsdragers uitoefenen, is zo groot, dat het merendeel van deze mobiele ladingsdragers de P-N overgang niet kunnen passeren, ja sterker nog, niet eens tot deze overgang zullen doordringen.

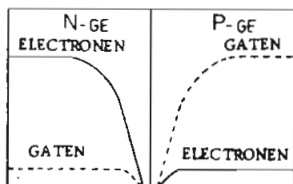


fig. 17

In fig. 17 is globaal het verloop van de gemiddelde dichtheid van de mobiele ladingsdragers in het grensgebied aangegeven. Opgemerkt zij echter, dat het verschil in grootte tussen meerderheid- minderheidsdragers in N- en P-germanium groter is dan aangegeven in genoemde figuur. Uit deze figuur blijkt, dat er aan beide zijden van de P-N overgang een zone aanwezig is, waarin zich praktisch geen mobiele ladingsdragers bevinden, dit is de z.g. barrière. Deze zone gedraagt zich als een isolator. Om een indruk te geven van de dikte van deze „isolerende laag” zij vermeld, dat deze ongeveer 1μ bedraagt.

Het elektrisch veld, dat aan de overgang tussen beide germaniumsoorten aanwezig is, wordt veroorzaakt door het potentiaalverschil tussen de donoren en de acceptoren in resp. het N- en P-germanium. Het N-germanium

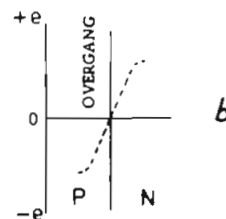
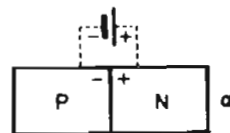


fig. 18

bezit dus aan de P-N overgang een positief potentiaal t.o.v. het P-germanium. Dit potentiaalverschil kan schematisch worden voorgesteld door een batterij (gestippeld in fig. 18a), terwijl in fig. 18b het verloop van genoemde potentiaalsprong is weergegeven.

De vraag is nu, wat er gebeurt wanneer een spanning aan deze N-P overgang wordt toegevoerd, die een zodanige polariteit bezit, dat het spanningsverschil aan de N-P overgang wordt vergroot (zie fig. 19a en 19b). Een toename van het potentiaalverschil tussen het N- en P-germanium betekent, dat nog minder elektronen resp. gaten (meerderheidsdragers) in staat zullen zijn om de barrière te passeren. Het grensgebied, waarin zich geen mobiele ladingsdrager bevindt, wordt dus breder, zodat de weerstand van de N-P overgang toeneemt. De stroomdoorgang vindt nu hoofdzakelijk plaats door middel van de minderheidsdragers (gaten in N- en vrije elektronen in P-germanium).

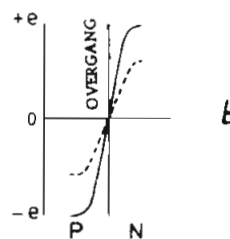
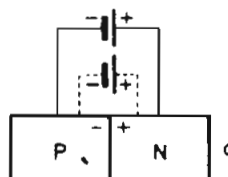


fig. 19

Een geheel ander effect wordt verkregen, indien de aangelegde spanning een tegenovergestelde polariteit bezit (zie fig. 20a en 20b). De aangelegde spanning werkt nu de spanningsprong over de N-P overgang tegen, zodat het aantal elektronen resp. gaten (meerderheidsdragers) dat de overgang passeert, toeneemt.

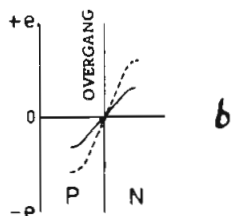
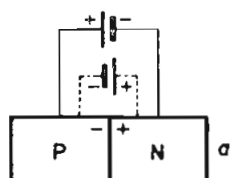


fig. 20

Dit betekent, dat de breedte van het grensgebied, waarin zich geen mobiele ladingsdragers bevinden, kleiner wordt, dit laatste wil zeggen, dat de weerstand van de N-P overgang afneemt. Uit het bovenstaande volgt, dat de weerstand van de N-P overgang in sterke mate afhankelijk is van de polariteit van de aangelegde spanning. Op dit principe berust de werking van de germaniumdiode.

De gelijkrichtende werking van de N-P overgang

In fig. 21 is een schakeling getekend om het verband tussen de aangelegde spanning en de stroom door de N-P overgang te kunnen nagaan. De N-P overgang werkt dus als diode. De klemspanning over de N-P overgang kan worden gemeten met de voltmeter, terwijl de milliampèremeter de stroomsterkte aangeeft, die door de N-P overgang vloeit.

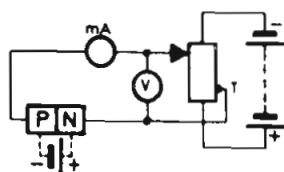


fig. 21

Als de looper zich beneden de tap van de potentiometer bevindt, zullen de aangelegde spanning en de spannings-sprong over de N-P overgang elkaar tegenwerken wat tot gevolg heeft, dat de N-P overgang zich zal gedragen als een gelijkrichter, die geschakeld is in de toestand, dat de stroom vloeit. Dit is het gebied $+I/+V$ in fig. 22.

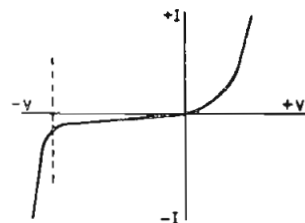


fig. 22

Indien de looper de aftakking op de potentiometer passeert, zullen de aangelegde spanning en de spanning over de N-P overgang elkaar versterken. In dit gebied gedraagt de N-P overgang zich als een gelijkrichter in gesperde toestand. Dit is het gebied $-I/-V$. Een groter verandering van de aangelegde spanning heeft slechts een berekenlijk kleine stroomverandering tot gevolg. Wordt de aangelegde spanning nog groter gemaakt, dan zal de stroom plotseling aanzienlijk toenemen. Dit is het z.g. Zenergebied. De aangelegde klemspanning is nu zo groot, dat de valentie-elektronen van het germanium in grote getale hun valentieschillen verlaten en op deze wijze de geleidbaarheid van het germanium sterk doen toenemen. De grootte van de aangelegde spanning moet daarom altijd zodanig worden gekozen, dat een aanzienlijke veiligheidsmarge in acht wordt genomen met het oog op reeds genoemde Zenereffect.

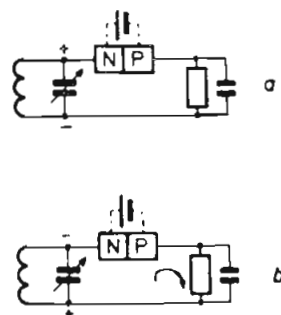


fig. 23

Een voorbeeld van een N-P overgang, die als een diode fungeert, is getekend in fig. 23a en 23b. In deze figuur is een afgestemde kring getekend, waarop een N-P overgang is aangesloten, die als gelijkrichter dienst doet. Op het ogenblik, getekend in fig. 23a, is de gelijkrichter geblokkeerd, daar de momentele waarde van de spanning over de afgestemde kring de spanning over de N-P overgang versterkt. In fig. 23b daarentegen werken beide spanningen elkaar tegen, zodat de gelijkrichter nu om zo te zeggen open is, d.w.z. dat er een stroom door de N-P overgang vloeit. De stroom wordt dus steeds in één richting door de N-P overgang doorgelaten.

(Dit artikel wordt in ons volgend nummer voortgezet).

PHILIPS SERVICE MAANDBLAD

L 3 X 71 T	AANVULLING EN CORRECTIE STUKLIJSTEN	SM 22—19
------------	-------------------------------------	----------

Bij dit Service Maandblad treft u een stuklijst aan van het apparaat L 3 X 71 T. Deze dient ter vervanging van

de stuklijst zoals deze in de documentatie van bovengenoemde ontvanger is opgenomen.

L 4 X 62 AB L 4 X 71 AB LX 452 AB	ACCU LADEN	SM 22—20
---	------------	----------

De gloeistroom voor bovengenoemde radio-apparaten wordt betrokken uit een ingebouwde accu en een 1.5 V batterij. Deze batterij dient voor de in gebruikname in het apparaat te worden aangebracht. Het is echter noodzakelijk, alvorens de batterij in de ontvanger te plaatsen, de accu te laden.

Wordt dit namelijk nagelaten, dan zal de 1.5 V batterij zich over de accu ontladen, wat aanleiding geeft tot een onnodig hoog verbruik van batterijen. In de gebruiksaanwijzing van het betreffende apparaat worden de nodige aanwijzingen verstrekt hoe de accu dient te worden geladen.

AG 1006 AG 1102	UIT DE GROEF SPRINGEN	SM 22—21
--------------------	-----------------------	----------

Het kan tijdens het afspelen van een grammofoonplaat voorkomen, wanneer het opname-element ongeveer op de helft van de plaat is, dat de naald uit de groef springt. De opname-arm draait dan niet verder naar binnen, zodat de naald bij elke omwenteling van de draaischijf weer in de voorgaande groef van de plaat terug springt. Het bovengenoemde verschijnsel kan de volgende oorzaak hebben.

Op een bepaalde plaats, raakt het bovenvlak van de stuurhaak, positie 73, het onderende van de geleidestang 65 van de platendrukker (zie fig. 2). Dit is echter alleen te constateren als het apparaat in zijn bedrijfs-toestand, dus horizontaal, staat.

Eventueel kan hierbij gebruik worden gemaakt van een spiegeltje, zoals in de service-documentatie hoofdstuk IX nummer 7 punt J is vermeld.

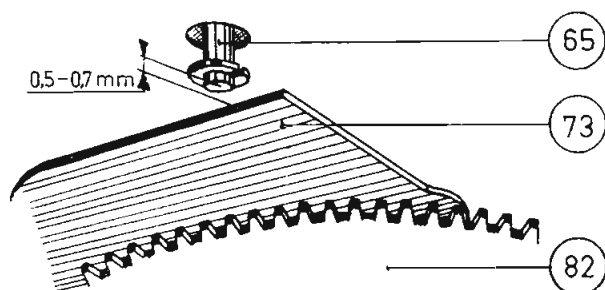
Door de stuurhaak-positie 73 iets naar beneden om te buigen, of het onderende van de geleidestang 65 ongeveer 0,5 mm af te vijlen, is bovengenoemde storing te verhelpen.

Er is echter nog een andere mogelijke oorzaak aanwezig welke de aanleiding kan vormen tot het uit de groef springen van de naald.

Het kan namelijk voorkomen dat de platendrukker niet haaks aan de geleidestang 65 is bevestigd.

Deze stang zakt hierdoor te veel naar beneden, waardoor de stuurhaak 73 wordt gearrêteerd.

In dit geval moet de platendrukker zodanig worden gebogen dat deze weer haaks op de geleidestang 65 staat.



DIAFRAGMA TOONINDICATIE	SM 22—22
-------------------------	----------

Het verdient aanbeveling de toonindicatieveren, alvorens het apparaat te transporteren, in uitgerekte stand te plaatsen.

Het is namelijk mogelijk, wanneer dit wordt nagelaten, dat bij ruw transport de indicatieveren losschieten.

L 4 X 71 AB -72-73-74	WIJZIGING EN AANVULLING SERVICEDOCUMENTATIE	SM 22—23
--------------------------	---	----------

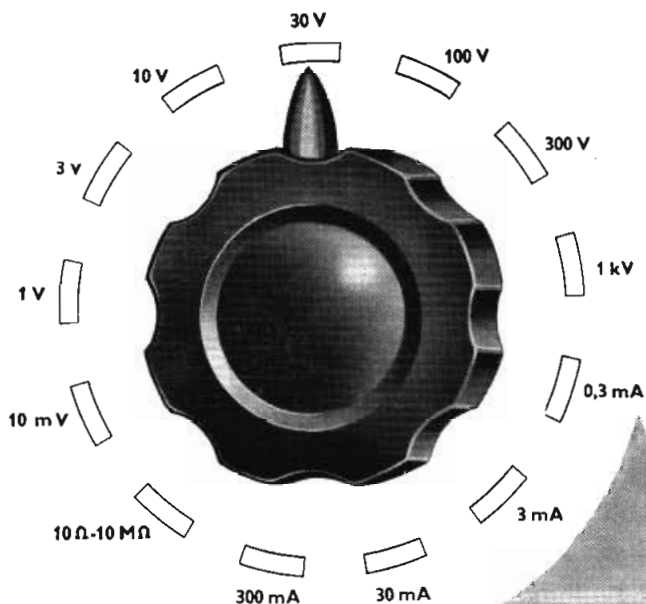
In het bedradingsschema van deze ontvanger is abusievelijk een spoel S41 opgenomen. Deze spoel dient te vervallen.

Het aansluitpunt 1 van de buis B6 is direct met de aardlip welke boven de buishouder is getekend, verbonden. In het principieschema staat bij de aansluiting voor auto-accu vermeld +12 V.

Hier moet staan, zoals ook uit punt F op bladzijde 5 van de documentatie blijkt, +6 V.

Verder zijn rechts van de weerstand R2, in het principieschema de schakelcontacten 1, 2, 12 en 13 getekend. Deze contacten behoren bij de aan/uitschakelaar, zodat hier dient te staan a1, a2, a12 en a13.

De germaniumdioden X3 en X4 dienen voor een goede werking van de F.M. detector gelijk te zijn. Geraakt een van de dioden eventueel defect, dan is het wenselijk beide dioden te vervangen door een uitgezocht paar dat onder het typenummer 20A72 wordt geleverd.



Gelijkspanning met behulp van hoogspannings-
meetkop GM 4579 B tot 30 kV.

Frequentiegebieden: spanningen 20 Hz-100 MHz

Met meetkop GM 6050 tot 900 MHz

Met behulp van de ijkspanning kunnen weer-
standen tot 100 MΩ worden gemeten



PHILIPS

Volt-ohm- mA-meter GM 6009

Van dit bij uitstek voor het gebruik in de radio
en televisie-service geschikte apparaat zijn vol-
ledige gegevens op aanvraag verkrijgbaar bij
Philips Nederland N.V., Eindhoven.



PHILIPS meetapparaten voor radio- en televisieservice