

Opneembuizen voor televisie

I. Indeling en wijze van werken van opneembuizen

door H. Bruining

Natuurkundig Laboratorium N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
Eindhoven—Nederland

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radio Genootschap op 21 Maart 1951.

SUMMARY

In this paper a general outline is given on different types of pick-up-tubes. After an introduction on the two ways of potential stabilisation of a surface of insulating material by low and high velocity scanning electrons resp., the constructions of the orthicon, image orthicon, vidicon, iconoscope and image iconoscope are discussed. The mechanisms of storage, measuring and wiping out of electric charges due to bombardment by photoelectrons or due to photoconductivity are treated in detail. At the end a survey is given of tubes with their special names.

Het doel van de televisie is het overbrengen van beelden langs elektrische weg en wel met een zodanige snelheid, dat bewegende beelden kunnen worden overgebracht. In de praktijk wordt dit doel nagestreefd door het uit te zenden beeld op te splitsen in een aantal beeldelementen; ieder beeldelement heeft dus een bepaalde helderheid en het samenstel van deze elementen vormt het totale beeld.

In de opneem-apparatuur wordt de helderheid van element na element elektrisch gemeten, bijvoorbeeld in de vorm van elektrische stromen. Deze stromen kunnen langs een kabel of door de aether worden overgezonden en kunnen worden gebruikt om aan de ontvangzijde de overeenkomstige elementen van een scherm licht te doen uitzenden met een intensiteit, die overeenkomt met de elementen aan de zenzijde.

De signaalstroom kan van slechts één beeldelement tegelijk worden uitgezonden. Wil men een beeld ontvangen dat van dezelfde aard is als dat in de bioscoop, dan dient men per sec. ca. 25 volledige beelden uit te zenden, terwijl men, om een voldoende definitie te behalen, het beeld moet oplossen in enkele honderduizenden beeldelementen. M.a.w. het is noodzakelijk om de intensiteit van de beeldelementen aan de zenzijde te meten in een tijdsduur van de orde van grootte 10^{-7} sec. Campbell-Swinton wees reeds in 1908 op de noodzakelijkheid hiervoor de practisch traagheidsloze electronische apparaturen te gebruiken.

Ter verduidelijking van de methode waarop hier wordt gedoeld, zal een apparatuur beschreven worden, die tegenwoordig veel in gebruik is voor het *overseinen* van filmbeelden (fig. 1)

Op het fluorescerend scherm S van een kathodestraalbuis A wordt een televisieraster geschreven. Dit raster wordt afgebeeld met de lens L_1 op het over te seinen filmbeeld C . Het

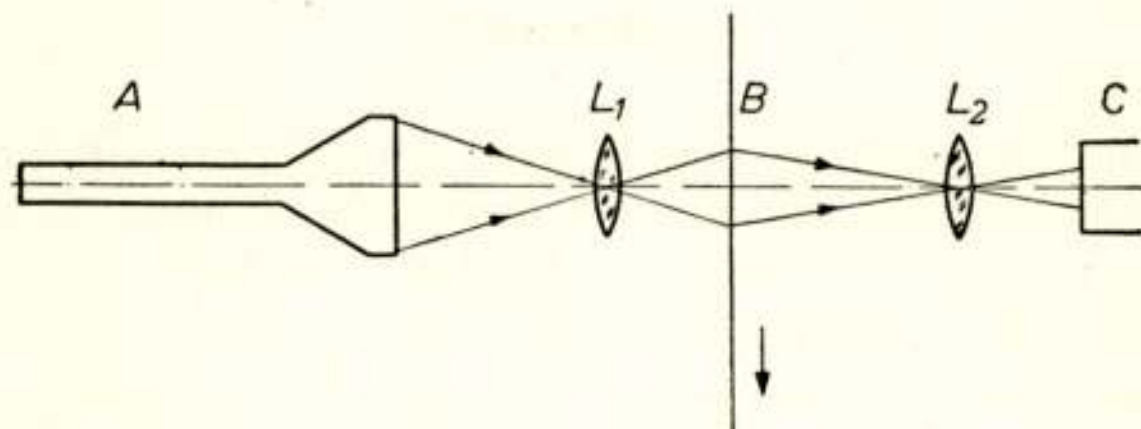


Fig. 1.

Apparatuur voor het opnemen van filmbeelden. A. kathodestraalbuis, L_1 , L_2 lenzen, B. filmbeeld, C. fotokathode van een multiplier.

doorgelaten licht wordt met de lens L_2 op de fotokathode C van een multiplier-fotocel geworpen, die daardoor een stroom geeft, waarvan de grootte fluctueert met de doorlaatbaarheid van de beeldelementen van de film. Met behulp van dit signaal kan men de intensiteit moduleren van de electronenbundel in een kathodestraalbuis aan de ontvangkant, die synchroon met de bundel in de buis K over het fluorescerende scherm beweegt en op deze wijze het oorspronkelijke filmbeeld weergeeft.

Op analoge wijze zou het mogelijk zijn het beeld uit te zenden van een bepaald voorwerp, door dit op dezelfde wijze te belichten als het filmbeeld en het verstrooide licht op te vangen met een fotocel. De practijk leert echter, dat in dit geval de fotostromen zo klein worden dat de statistische ruis van de

foto-electronen in het beeld aan de ontvangzijde zeer hinderlijk zichtbaar wordt als een soort regen. ¹⁾

Het gebrekkige van deze overigens niet zeer gecompliceerde methode is, dat men ieder beeldelement slechts gedurende 10^{-7} sec. belicht en het verder met de fotostroom van deze uiteraard beperkte lichthoeveelheid moet stellen. Men kan zich evenwel ook indenken, dat het voorwerp in kwestie continu wordt belicht en dat men het resultaat van de belichting van ieder beeldelement gedurende de gehele $1/25$ sec. uitzendt in plaats van het resultaat van de belichting gedurende 10^{-7} sec.

Als een praktische uitvoeringsvorm hiervan kan men zich een stuk gaaf mica voorstellen dat aan een zijde met een doorlopende metaallaag is bedekt, aan de andere zijde evenwel met een mozaïek van van elkaar gescheiden elementen, die onder bestraling van licht electronen kunnen emitteren. Men heeft dan een groot aantal condensatortjes die opgeladen kunnen worden en waarvan de lading per beeldelement in 10^{-7} sec. wordt geneutraliseerd en gemeten door de condensatoren kort te sluiten met een af-tastende electronenbundel als schakelaar.

Deze werkwijze is inderdaad gerealiseerd en wel het eerst door Zworykin in 1933.

Opneembuizen waarin dit principe wordt toegepast heten „storage“-buizen.

Afgezien van enkele buizen voor filmopname werken alle hedendaagse opneembuizen volgens dit beginsel.

Indeling van de belangrijkste opneembuizen.

In de belangrijkste moderne opneem-buizen voor televisie wordt met behulp van het lichtbeeld een „potentiaalbeeld“ opgebouwd op een „trefplaat“, die dan door een gefocusseerde electronenbundel (aftastbundel) punt voor punt wordt afgetast en teruggebracht op een bepaalde stabilisatiepotentiaal, hetgeen op de een of andere wijze een elektrisch signaal oplevert.

De methode die hierbij gebruikt wordt om een trefplaatel-element terug te brengen op de stabilisatiepotentiaal levert een indeling op van de opneembuizen in twee belangrijke groepen.

¹⁾ Het verschil is namelijk dat men bij de in fig. 1 geschetste apparatuur al het doorgelaten licht kan opvangen in de fotocel, terwijl men in het geval van een voorwerp slechts een zeer klein gedeelte van het in alle richtingen verstrooide licht kan opvangen.

Een isolator zal onder electronenbombardement in één van twee stabiele potentiaalsituaties kunnen verkeren, n.l.:

- a). Er komen geen electronen op terecht en er gaan ook geen electronen af, of
- b). Er gaan evenveel electronen af als erop vallen.

We zullen nu nagaan hoe een geïsoleerd trefplaat-element zich zal gedragen tijdens de beschieting van electronen.

Bij een dergelijke beschieting zullen de opvallende zgn. primaire electronen uit het materiaal secundaire electronen vrijmaken, waarvan het aantal per opvallend primair electron afhankelijk is van het trefplaatmateriaal en de snelheid waarmee de primaire electronen aankomen. Het verband tussen het aantal secundaire electronen per primair electron en de snelheid der primaire electronen zal in het algemeen de vorm van fig. 2 hebben:

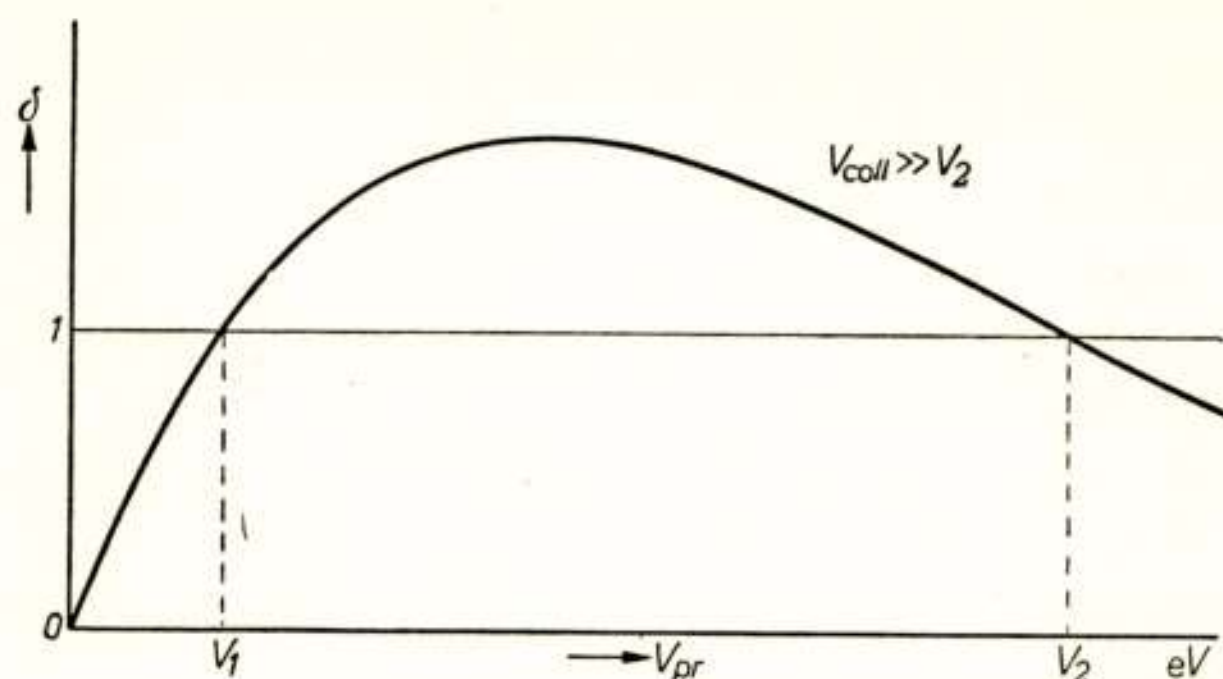


Fig. 2.

Coefficient van secundaire emissie δ als functie van de energie der primaire electronen V_{pr} ; V_1 en V_2 zijn de waarden van V_{pr} , waarbij $\delta = 1$.

Voor de meeste materialen zijn er twee waarden van V_{pr} waarbij $\delta = 1$ is: We noemen de kleinste V_1 , en de grootste V_2 .

Bij deze kromme is verondersteld, dat er een collector in de buurt van de trefplaat is, waarvan de potentiaal hoog genoeg is om alle secundaire electronen die van de trefplaat afkomen naar zich toe te trekken.

Is dit niet het geval, maar ligt de potentiaal van de collector bijvoorbeeld ergens tussen V_1 en V_2 in, dan ontstaat een verband tussen de stroom naar de collector en V_{pr} , zoals fig. 3 aangeeft.

Indien namelijk de potentiaal van het trefplaat-element hoger

is dan die van de collector, dan moeten de in eerste instantie vrijgemaakte secundaire electronen tegen een potentiaalveld inlopen om de collector te bereiken en nu hangt het dus geheel af van hun energie en de geometrie van de opstelling of ze hiertoe in staat zijn, of terug zullen vallen op de trefplaat..

In het algemeen is het zo, dat het potentiaal V_3 , waarbij de secundaire stroom die de collector bereikt net weer gelijk is aan de primaire stroom, enkele volts hoger ligt dan de collectorpotentiaal.

Uit de figuren 2 en 3 is nu duidelijk te zien, dat er twee potentialen zijn, waar een trefplaatelament op gestabiliseerd kan worden (we zullen V_2 buiten beschouwing laten) door electronenbombardement, n.l. de potentiaal van de gloeikathode

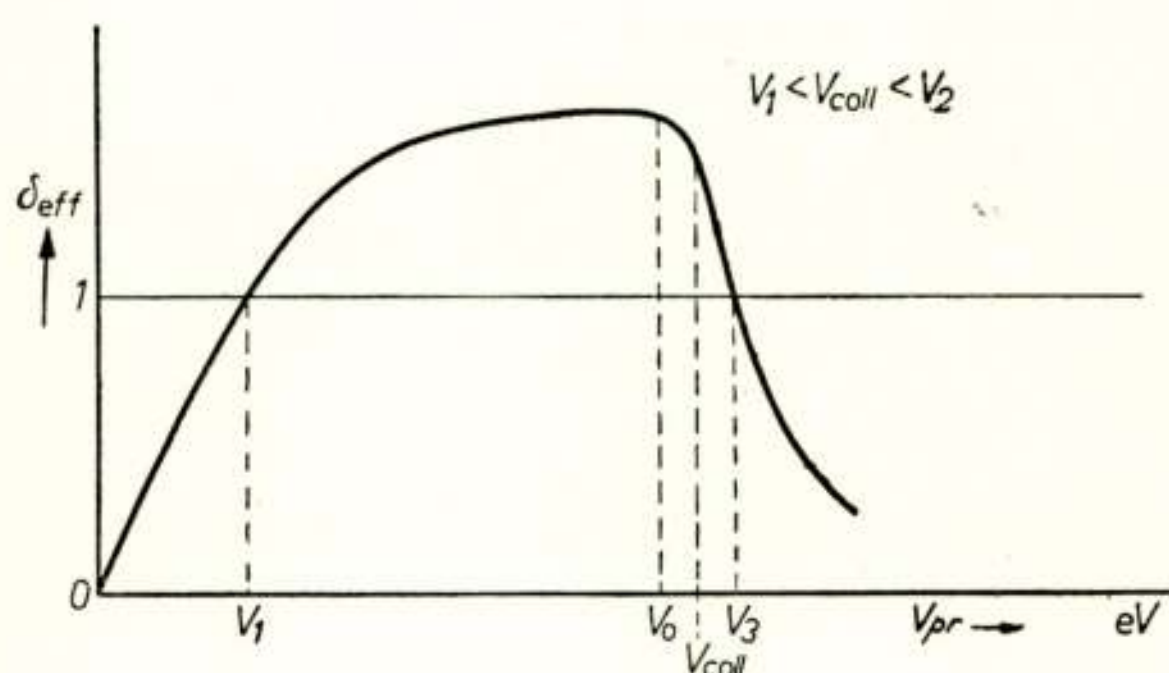


Fig. 3.

Aantal secundaire electronen per primair electron, dat de collector kan bereiken (δ_{eff}) als functie van de energie der primaire electronen V_{pr} . Bij V_1 is $\delta = 1$; bij V_0 zakt δ_{eff} en bij V_3 is $\delta_{eff} = 1$.

$V_{pr} = 0$ en $V_{pr} = V_3$ zijn stabiele situaties.

van de aftastbundel ($V_{pr} = 0$) en V_3 , dat is practisch de collectorpotentiaal.

1. Is de potentiaal van het element namelijk hoger dan die van de kathode, maar lager dan V_1 , dan is $\delta < 1$, zodat de potentiaal zakt totdat de electronen het niet meer kunnen bereiken, dat wil zeggen totdat het element zich op de kathodepotentiaal bevindt.
2. Is de potentiaal hoger dan V_1 , maar lager dan V_3 , dan is $\delta > 1$, zodat de potentiaal oploopt naar V_3 ; en is de potentiaal hoger dan V_3 dan gaan er minder secundaire electronen naar de collector dan er primaire op de trefplaat vallen, zodat de potentiaal weer zakt naar V_3 .

Opneembuizen waarin de eerste methode van stabilisatie wordt toegepast heten „low-velocity” opneembuizen of C(athode) — P(otentiaal) — S(tabilised)-buizen.

De tweede methode levert de „high-velocity” opneembuizen.

Low-velocity opneembuizen.

Wij willen nu in de eerste plaats de buizen behandelen, die berusten op het principe van de „low-velocity” aftasting. Het aftastmechanisme is op zichzelf zeer eenvoudig. De elementen van de trefplaat, die worden aangebracht op een stuk gaaf mica, zoals reeds eerder beschreven, worden door de belichting positief opgeladen en de aftastende bundel neutraliseert de la-

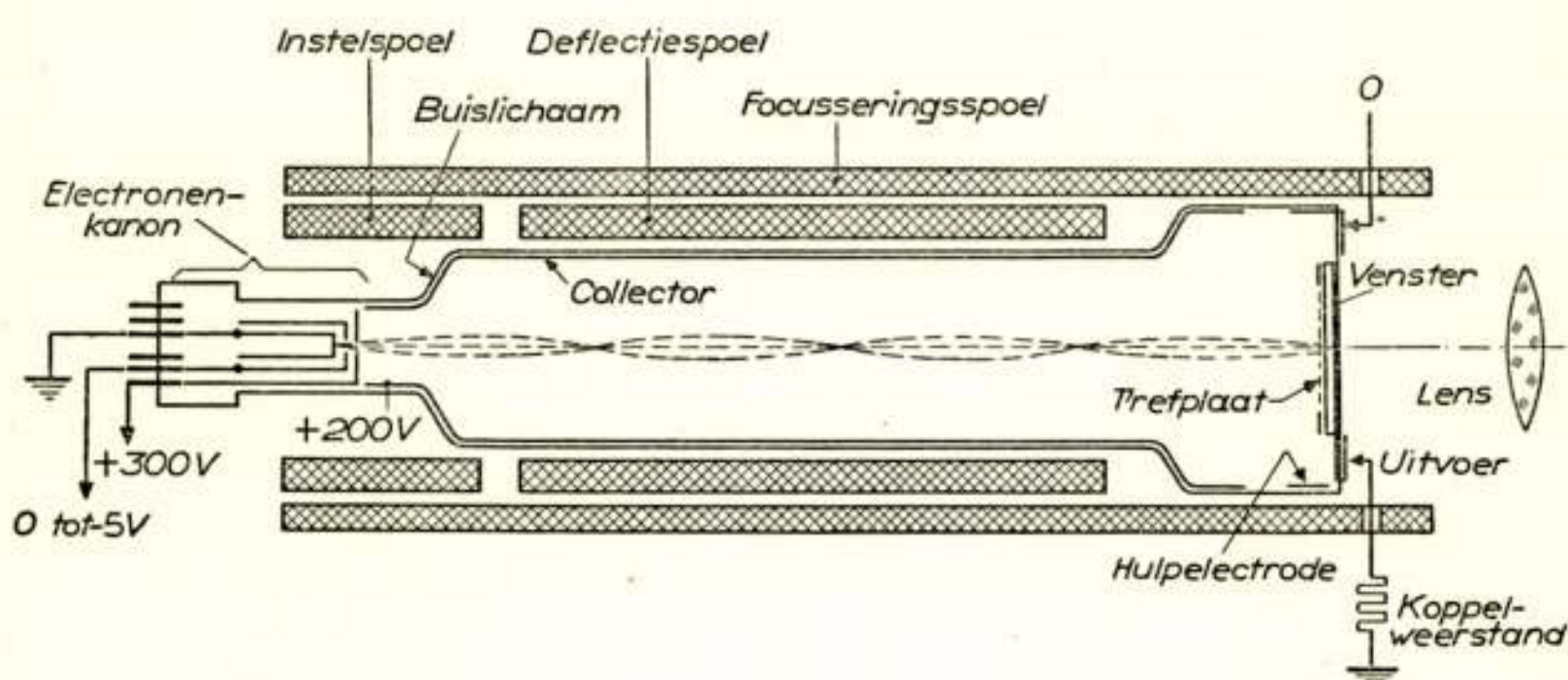


Fig. 4.

Low-velocity opneembuis (C.P.S. emitron)

(Deze figuur is met weglaten van enkele details ontleend aan J. D. McGee, Proc. Inst. E. E. **97**, 377, 1950).

ding. Resultaat: ieder photo-electrisch geëmitteerd electron geeft een electron signaalstroom. (We zullen zien, dat het aftastmechanisme bij de high-velocity aftastsystemen veel gecompliceerder is).

In fig. 4 ziet men een concreet voorbeeld van een low-velocity opneembuis en wel een buis, die ongeveer een jaar geleden door E. M. I. op de markt is gebracht en de naam draagt C. P. S. Emitron („cathode potential stabilised” omdat de trefplaat op dezelfde potentiaal is als de kathode die de aftastbundel opwekt, in dit geval aarde). Deze buis bestaat uit een electronenkanon dat gemonteerd is in een cilindrische buis, waarvan de wand een deel van het electronensysteem uitmaakt. Aan het andere eind is de trefplaat opgesteld. De binnenwand van de cylinder

is 200 V positief ten opzichte van de kathode van het kanon. Om de voldoende fijne spot te krijgen op de trefplaat wordt de bundel geleid door een axiaal magnetisch veld, opgewekt door de lange spoel. Een electron, dat wordt geëmitteerd in een zijwaartse richting, zal zich bewegen volgens een cycloïde baan, het resultaat van de beweging in een rechte lijn evenwijdig aan het magnetische veld en van de dwarssnelheid van het electron. De omlooptijden van deze electronen zijn dezelfde, dus treffen ze elkaar periodiek in dezelfde punten op de as. Een dergelijk punt moet men dus op de trefplaat zien te krijgen voor het behalen van een goed oplossend vermogen. In de tekening is nog een stel andere spoelen te zien om de uit het kanon tredende bundel te richten evenwijdig aan de as van het lange magnetische veld; voorts een stel spoelen die voor de afbuiging van de aftastbundel moeten zorgen en waardoor dus een zaagtandstroom gestuurd wordt. Het andere stel spoelen voor de afbuiging is niet aangegeven.

Voorts kan men zien, hoe in het C. P. S. emitron het signaal wordt afgenomen, n.l. door middel van de spanning over de weerstand opgenomen in de verbinding van de metallisering van de trefplaat naar aarde.

Deze buis wordt in Engeland bij de B.B.C. gebruikt, in het bijzonder voor de buiten-uitzendingen. De beelden zijn van uitstekende kwaliteit maar er is één bezwaar, dit is, dat de buis niet stabiel is bij zeer hoge belichting. Immers in dat geval kan de potentiaal van de trefplaat of een deel ervan zo hoog worden, dat het aantal secundaire electronen groter wordt dan het aantal primaire. Gevolg: het aftasten wordt nu een high-velocity aftasten, dat minder signaal geeft. Het omslaan gaat natuurlijk gepaard met flitsen in het beeld, die met de werkelijkheid niets meer hebben te maken.

Voor dat wij nu verder gaan moet er de nadruk op worden gelegd dat bij het low-velocity aftasten het verband tussen fotostroom van de fotokathode (verlichtingsterkte) en signaalstroom lineair is. Dit is de reden, dat men deze buizen ook wel de naam orthicon heeft gegeven. De eerste orthicon is reeds voor de oorlog door Zworykin en medewerkers gerealiseerd.

In de V.S. heeft men gestreefd naar een opneembuis, die zeer gevoelig is en bovendien stabiel. Deze eisen hebben tenslotte geleid tot de verwezelijking van een low-velocity buis, die daar algemeen in gebruik is, in studio en ook buiten, en die de naam draagt van super-image-orthicon, of kortweg image-orthicon (R.C.A.).

Uit fig. 4 blijkt, dat in het C.P.S. emitron de fotokathode tegelijk trefplaat is. In de super image-orthicon zijn deze functies gescheiden, d.w.z. de fotokathode is een samenhangende doorzichtige laag, waarvan de geëmitteerde electronen worden afgebeeld op een isolerende trefplaat, waarvan het ladingsbeeld door een aftastbundel wordt afgetast.

Op deze sectie met electronen optische afbeelding slaat het woord image. Het voordeel is zonder meer duidelijk: de samenhangende fotokathode is gevoeliger dan de onderbroken laag in het C.P.S. emitron, terwijl tevens, zoals zal blijken, de stabiliteit gegarandeerd is.

De wijze waarop het ladingsbeeld wordt afgetast is hoogst origineel gevonden en daarom willen wij hierop wat uitvoeriger ingaan.

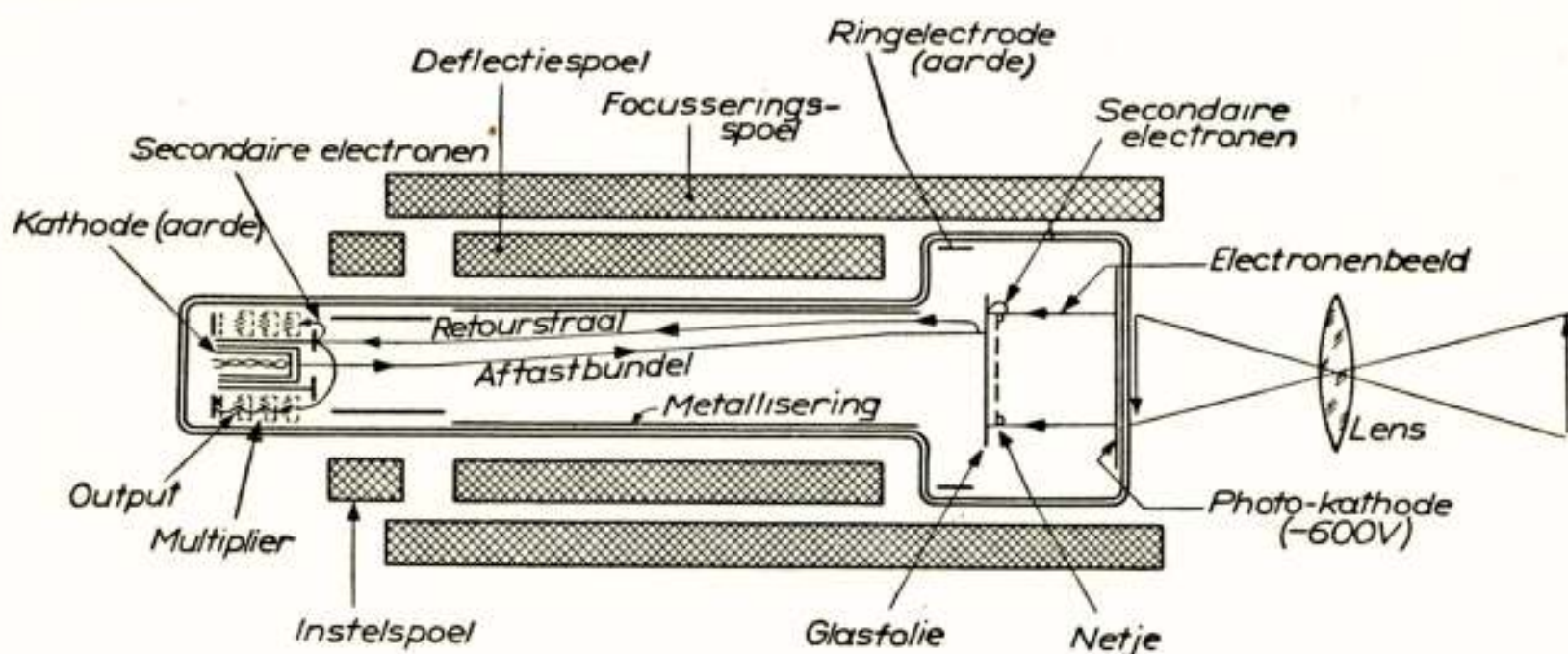


Fig. 5.

Schematische voorstelling van de super-image-orthicon (RCA). Rechts sectie voor electronen optische afbeelding, links aftastsectie. Het „target” is een dun glasvlies; de ladingen, die door de photo-electronen op het target worden gebracht, worden door de aftastbundel aan de andere zijde geneutraliseerd. (Deze figuur is ontleend aan A. Rose, *Advances in Electronics* vol. I, 1948, blz. 131).

In fig. 5 ziet men dat de buis verdeeld is in twee gedeelten. Het linkse gedeelte is de aftastsectie, zoals in het C. P. S. emitron, maar de trefplaat is een uiterst dun glazen vlies. Het rechtse gedeelte is het „image” gedeelte, waarbij men ziet hoe de fotokathode electronenoptisch op het glazen vlies wordt afgebeeld. Het idee is nu dat de ladingen, die op het glazen vlies worden gebracht, door het glas lekken en door de aftastbundel (de linkerkant dus) worden geneutraliseerd. men ziet tevens dat vlak voor het glazen vlies aan de zijde van de fotokathode een uiterst fijn gaas is aangebracht. Denken we ons nu de kathode

van het kanon op aardpotentiaal dan komt ook het vlies bij aftasten op deze potentiaal, het gaas is op enkele volts bóven aardpotentiaal en de fotokathode zelf op bijv. — 200 V. Het ladingspatroon op het glasvlies komt dus tot stand doordat de secundaire electronen van het glasvlies worden weggezogen door het netje, dat tevens zorgt, dat de potentiaal van het vlies niet zóveel kan stijgen, dat het systeem in een high velocity aftasting omslaat. Het is duidelijk, dat de afstand tussen glasvlies en net de capaciteit en dus de hoeveelheid lading bepaalt, die het glasvlies kan opzamelen. Om een voldoende groot gebied van verlichting te kunnen overbruggen moet dus de afstand tussen net en vlies zo klein mogelijk zijn, terwijl bovendien het netje zó fijn van structuur moet zijn, dat het niet zichtbaar is in het beeld. Dit gevoegd bij het feit, dat zowel vlies als netje volkomen vlak dienen te zijn, vereist een techniek, die wel tot de meeste geraffineerde van de buizentechnologie kan worden gerekend.

In deze buis wordt het signaal op enigszins andere wijze afgenomen dan bij het C.P.S. emitron. Laten we van de trefplaat een plaats beschouwen met hoge positieve lading en een zonder lading. Voor het neutraliseren van de positieve lading naar de eerste plaats zullen meer electronen van de aftastbundel nodig zijn, dan voor het neutraliseren van de tweede plaats. Hebben we nu een *overschot* aan aftastelectronen, dan kunnen we dus in de terugkerende electronenbundel fluctuaties vinden, overeenkomende met de geneutraliseerde hoeveelheid lading op de trefplaat.

Bij dit low-velocity aftastsysteem is de terugkerende bundel vrij gemakkelijk op te vangen, omdat de terugkerende electronen ook cycloïde-achtige banen volgen om de magnetische krachtlijnen. Men kan de terugkerende bundel zelfs opvangen in een electronenvermenigvuldiger die om het electronenkanon is gebouwd en zodoende de fluctuerende retourstraal versterken. (Dit kan men natuurlijk ook doen in een orthicon zonder beeldsectie). Aan deze multiplier dankt de buis het praedicaat „super”; men spreekt ook wel van multiplier-orthicon, maar eigenlijk bestaat er geen uniforme nomenclatuur.

Wij willen over deze buizen niet veel meer zeggen; alleen dit: de image-orthicon, in de V.S. alom in gebruik, is stellig de gevoeligste opneembuis die thans bestaat. Uit een oogpunt van beeldkwaliteit is zij evenwel stellig *niet* de beste. Er treden n.l. bepaalde beeldfouten op, die inhaerent zijn aan de afbeel-

ding op het glasvlies en die zich uiteten in zwarte randen om witte voorwerpen. Ook de signaal-ruis verhouding is niet zeer gunstig, waarover meer in het artikel van Drs Schagen.

Het doorlekken van de opgebrachte lading op het glasvlies vereist, dat de specifieke weerstand van dit vlies kleiner dan $10^{10} \Omega \text{ cm}$ is. Daar de elektrische weerstand van glas sterk temperatuurafhankelijk is, is een zekere „aanlooptijd” van de buis nodig om tot een beeld van constante kwaliteit te komen.

De reeks low-velocity buizen willen wij thans besluiten met een korte bespreking van een door RCA ontwikkelde versie van het gewone orthicon, dat bekend staat onder de naam *vidicon*. In de tot dusver besproken buizen werd gebruik gemaakt

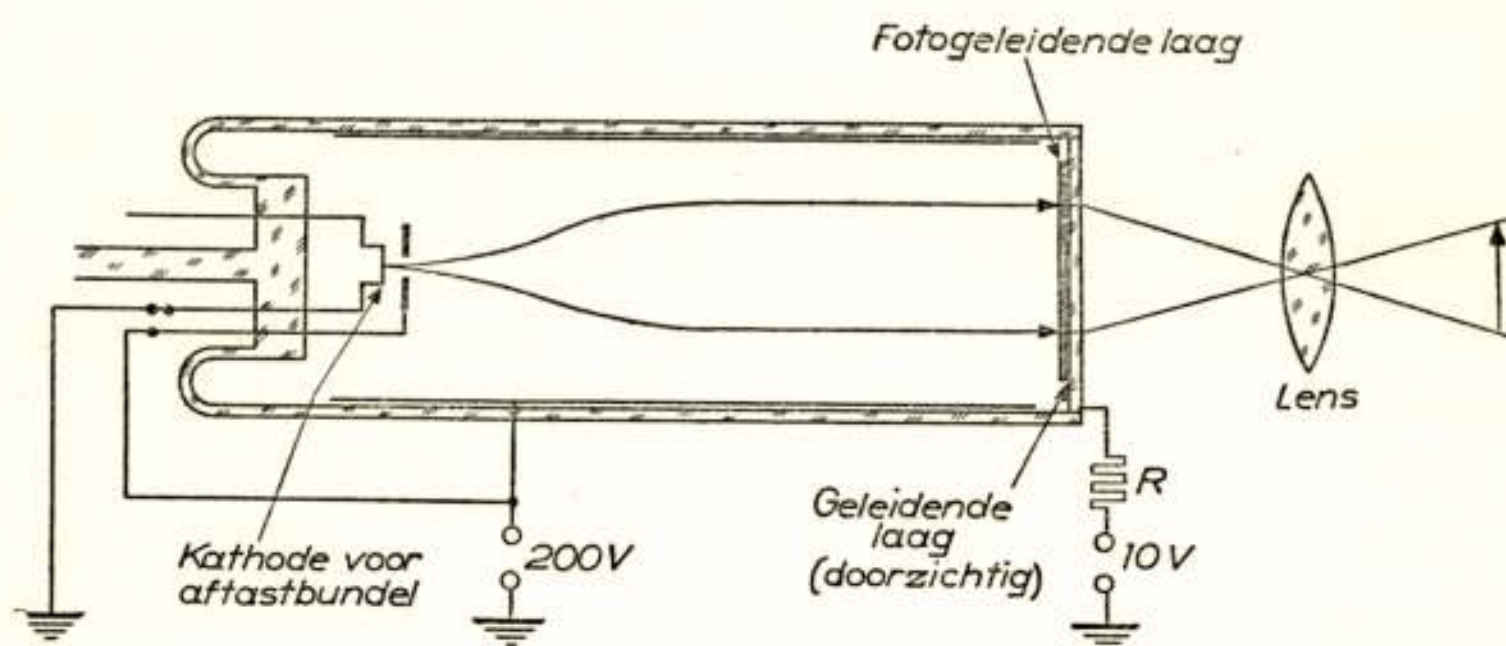


Fig 6.

Schematische voorstelling van voorbeeld van een buis met een laag met fotogeleiding (vgl. „vidicon” R.C.A.). De focuseringsspoel en de deflectiespoelen zijn in deze figuur weggelaten.

van het uitwendig foto-electrisch effect, van de foto-electrische *emissie*. Bij deze buis wordt gebruik gemaakt van een laag, waarvan het elektrisch *geleidingsvermogen* verandert door belichting. In plaats van een micaplaat met eilandjes, die foto-electronen kunnen emitteren, denken we ons een fotogeleidende laag, die op een metallisch geleidende doorzichtige onderlaag is aangebracht en aan de onbedekte zijde wordt afgetast. Deze zijde is dus weer op kathodepotentiaal. In fig. 6 vindt men een schematische voorstelling van een voorbeeld van een dergelijke buis.

De metallische onderlaag wordt op een positieve potentiaal gebracht van bijv. 10 V. Bij belichting wordt de laag geleidend en wordt dus de andere zijde ook positief, die weer door de aftastende bundel op kathodepotentiaal wordt teruggebracht. Signaalafname vindt plaats als in het C.P.S. emitron.

Het voordeel van het gebruik van een dergelijke laag is dat zij aanzienlijk grotere fotostromen kan geven dan een foto-emitter. De buis is dus gevoeliger. Een dergelijke buis kan dus een beeldsectie missen en ook een vermenigvuldiging van de retourstraal. Constructief is de buis zeer simpel.

Toch wordt de vidicon nog niet voor omroepdoeleinden toegepast. De moeilijkheid is om een goede stof te vinden, die voldoende traagheidsloos en toch gevoelig is. Tot dusver is amorph selenium de enige bekende stof, die redelijk aan de door de televisie gestelde eisen voldoet, maar te weinig gevoeligheid heeft in het rode deel van het spectrum.

High velocity opneembuizen

We zullen ons verder nu bezig houden met opneembuizen van het high velocity type: daarbij zal speciaal over de beeldiconoscoop worden gesproken zoals deze in het laboratorium te Eindhoven is gerealiseerd. Nadere bijzonderheden worden gegeven in de twee volgende artikelen.

Dit type buizen is vrij favoriet op het Europese continent; een van de redenen is o.a. het vrij hoge lijnenaantal, waarmee zal worden gewerkt, waardoor de focusering van de aftastbundel hogere eisen stelt, omdat de „spot” op de trefplaat fijn genoeg moet zijn om het oplossend vermogen te halen, dat beantwoordt aan het hoge aantal lijnen.

Dank zij de grotere energie waarmee de electronen op de trefplaat vallen in de „high-velocity” opneembuizen (bijv. 1000 eVolt), is dit probleem hier veel eenvoudiger op te lossen dan in de low-velocity buizen.

Maar ook in Engeland wordt van de high velocity buizen nog veel gebruik gemaakt.

De Iconoscoop

Feitelijk is de eerste storage buis een high-velocity buis geweest.

Bij de iconoscoop wordt op precies dezelfde wijze als bij het C.P.S. emitron een ladingsbeeld gevormd, dat nu echter met een bundel snelle electronen wordt afgetast. (fig. 7)

Indien er nu alleen sprake was van wisselwerking tussen beeldelement en collector, zou de iconoscoop nooit een signaal kunnen geven, daar een beeldelement na stabilisatie op een po-

tentiaal, die enkele volts boven de collectorpotential ligt, niet in staat zou zijn bij belichting foto-electronen te emitteren tegen het gevormde potentiaalveld in, daar de energie van de foto-electronen kleiner is dan die van de secundaire electronen.

Het is echter duidelijk, dat bij de boven geschetste geometrie van de buis de afstand tussen een beeldelement op de trefplaat en de collector groot is, vergeleken met de afstand tot naburige elementen, zodat de omgeving van het beeldelement een zeer belangrijke rol zal spelen bij het stabiliseren er van. Het resultaat is dan ook, dat tijdens het aftasten van een beeldelement slechts een deel van de gevormde secundaire electronen de collector kan bereiken; een klein deel valt terug op het oorspronkelijke beeldelement, maar het grootste deel zal terugvallen op

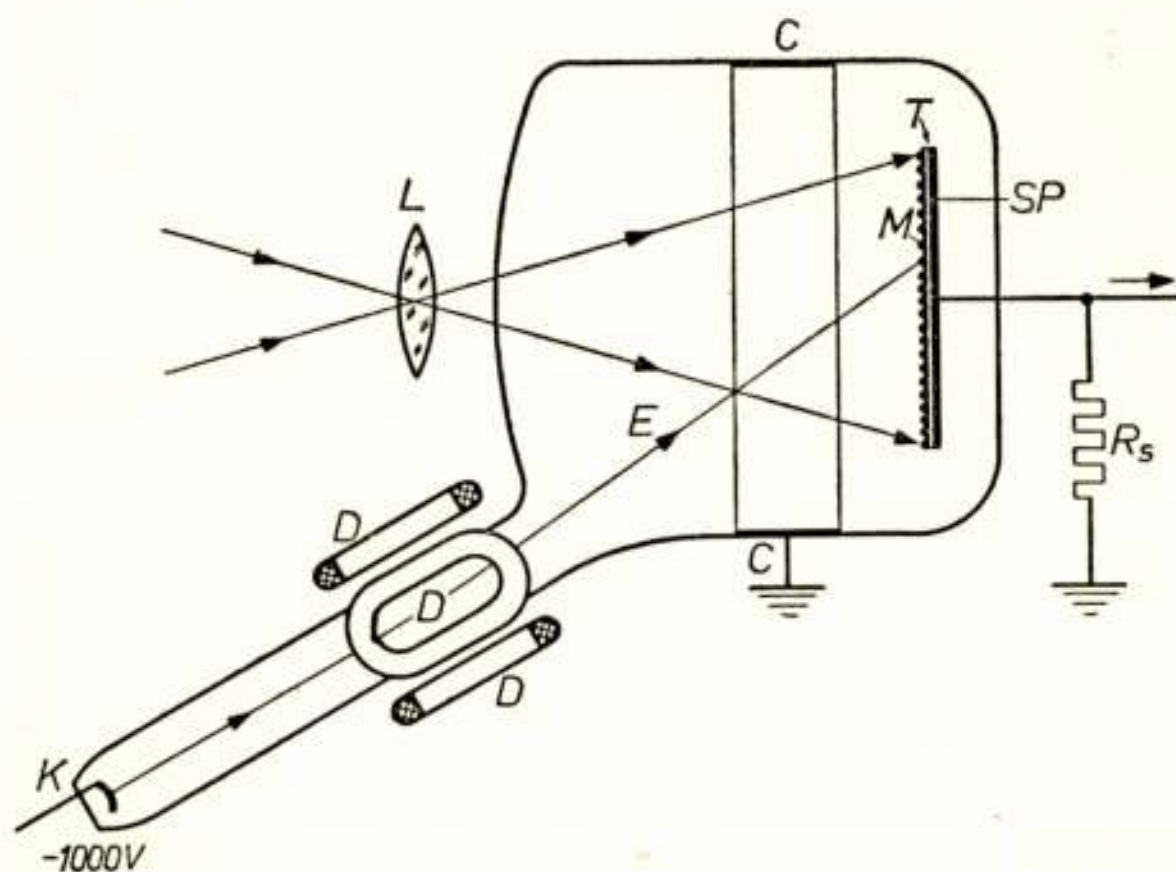


Fig. 7.

Schematische voorstelling van een iconoscoop. De trefplaat T is aan de achterzijde bedekt met een samenhangende geleidende laag SP , het mica is aan de aftastzijde bedekt met een foto-emitterend mozaïek; C is de collector; K is het electronenkanon; D zijn de deflectiespoelen.

andere delen van het mozaïek, waar plaatselijk de potentiaal immers nog hoger is dan die van de collector. Dit heet het redistributie-effect van de „high-velocity” buis, dat in principe de werkingwijze van de iconoscoop kan verklaren.

Werkingswijze van de iconoscoop

De potentiaal van een beeldelement op de trefplaat zal schematisch met de tijd verlopen, zoals in fig. 8 is aangegeven.

Tijdens het aftasten wordt de potentiaal omhoog gebracht

tot de stabilisatie-potentiaal. Daarna, tussen twee aftastingen in, zal het element continu secundaire electronen opvangen van andere beeldelementen die afgetast worden. Deze stroom van redistributie-electronen is het grootst vlak na de aftasting, wanneer de potentiaal nog hoog is en de aftastbundel in de nabijheid.

Met belichting zou nu een foto-element op het mozaïek continu foto-electronen moeten emitteren. Doordat direct na de aftasting de potentiaal echter zo hoog is, kunnen de fotoelectronen het beeldelement niet verlaten omdat deze niet voldoende energie bezitten om tegen het gevormde potentiaalveld in te lopen. Pas wanneer de potentiaal weer voldoende gedaald is

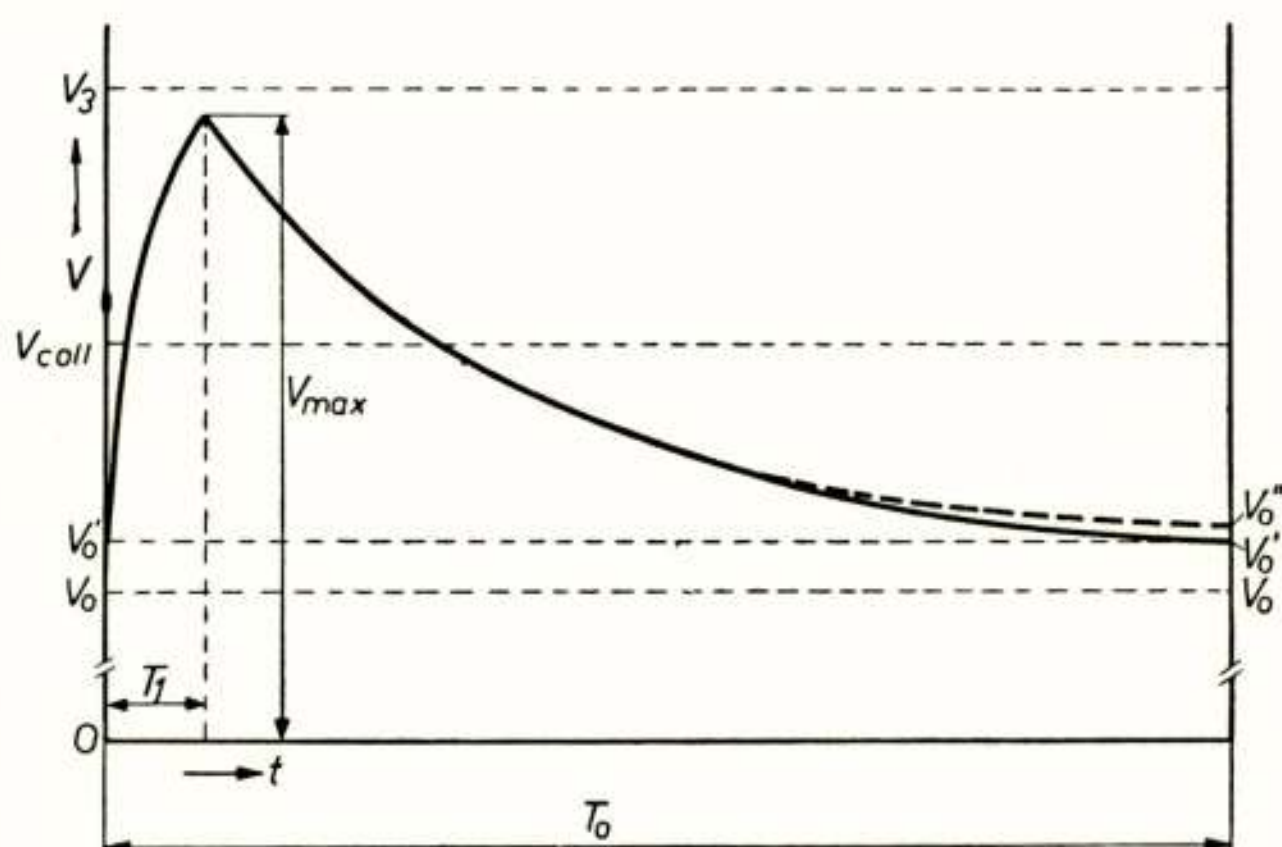


Fig. 8.

Verloop van de potentiaal van een beeldelement tussen twee aftastingen (beeldperiode T_0). Het aftasten vindt plaats tussen $t=0$ en $t=T_1$; na $t=T_1$ daalt de potentiaal door de terugvallende electronen. De gestippelde lijn heeft betrekking op het geval met belichting; $V_0'' - V_0'$ is dus een maat voor de grootte van het signaal. Voor de betekenis van V_0 en V_3 zie fig. 3.

door de opgevangen redistributie-electronen zullen foto-electronen kunnen worden geëmitteerd. In de praktijk is gebleken, dat er pas een verzadigde fotostroom optreedt gedurende ongeveer 5% van de beeldtijd, vlak voor de nieuwe aftasting. Door deze emissie van foto-electronen zal de potentiaal vóór de volgende aftasting iets hoger zijn dan in het onbelichte geval, zodat de potentiaalsprong tijdens het aftasten naar de stabilisatiepotentiaal kleiner is.

Deze tijdens de beeldperiode plaats vindende verlaging van potentiaal door de redistributie electronen is dus essentieel en

daardoor heeft dit type opneembuizen ook bepaalde specifieke, aangename en onaangename eigenschappen.

Een aangename eigenschap is dat voor de opname van snel bewegende objecten deze buizen geschikter zijn dan de low-velocity buizen, omdat de laatste het beeld opbouwen gedurende de gehele beeldperiode en dus een uitgesmeerd beeld geven, terwijl de iconoscoop-achtige buizen slechts gedurende een fractie van de beeldperiode het beeld opnemen en dus een reeks „momentopnamen” produceren.

Een tweede aangename eigenschap is dat de potentiaal van de trefplaat nooit belangrijk boven die van de collector kan stijgen, waardoor de stabiliteit is verzekerd en bovendien de signaalstroom als functie van de fotostroom een neiging tot verzadiging vertoont. In tegenstelling tot de low-velocity aftast-systemen is dit systeem niet lineair, wat althans voor de zwart-wit-televisie van voordeel is, zoals in het artikel van Drs Schagen nader zal worden uiteengezet.

Een onaangename eigenschap is evenwel, dat de redistributie electronen niet alle plaatsen van de trefplaat in dezelfde mate bereiken, d.w.z. dat de potentiaalval tijdens de beeldperiode niet voor alle plaatsen gelijk is, dus ook niet de potentiaalsprong bij stabilisatie. Men krijgt dus bij aftasten zonder licht *toch* een signaal, dat wij onecht signaal zullen noemen (Eng. spurious signal). Deze onechte signalen worden storender naarmate het lichtniveau daalt en vormen bij dit type opneembuizen een begrenzing voor de gevoeligheid.

Het is na het voorafgaande wel duidelijk, dat de iconoscoop vergeleken bij de low-velocity buizen het in gevoeligheid zal afleggen. Hoewel er zeer goede beelden mee kunnen worden verkregen, is de buis zo ongevoelig, dat dit voor de praktijk toch wel grote moeilijkheden oplevert. Om een gevoeliger opneembuis te maken, past men hetzelfde middel toe als bij de low-velocitybuizen nl. scheiding van fotokathode en trefplaat, waardoor een buis verkregen is, die aanzienlijk gevoeliger is. Deze buis heet image-iconoscope (beeldiconoscoop fig. 9). De redenen, dat de gevoeligheid toeneemt zijn de volgende:

1. De onderbroken fotokathode wordt vervangen door een samenhangende (winst 3 à 4 keer).
2. Er vindt een keer secundaire emissie versterking plaats (winst 3 tot 4 keer).
3. In de iconoscoop treedt gedurende slechts 5% van de beeldtijd een verzadigde fotostroom op. Deze fractie is bij de beeld-

iconoscoop veel groter ($\approx 30\%$), omdat de secundaire electronen van de trefplaat veel sneller zijn dan de foto-electronen in de iconoscoop; in de beeldiconoscoop behoeft de potentiaal van een beeldelement niet zo ver te dalen, opdat de uitgezonden secundaire electronen de collector kunnen bereiken.

Men kan zich afvragen, of men nu ook een super-uitvoering van de beeldiconoscoop zou kunnen maken d.w.z. met multiplier, waarmede men dan niet de retourstraal (want die is er in deze buizen niet) maar wel de door de trefplaat uitgezonden secundaire electronen zou kunnen versterken. Inderdaad heeft

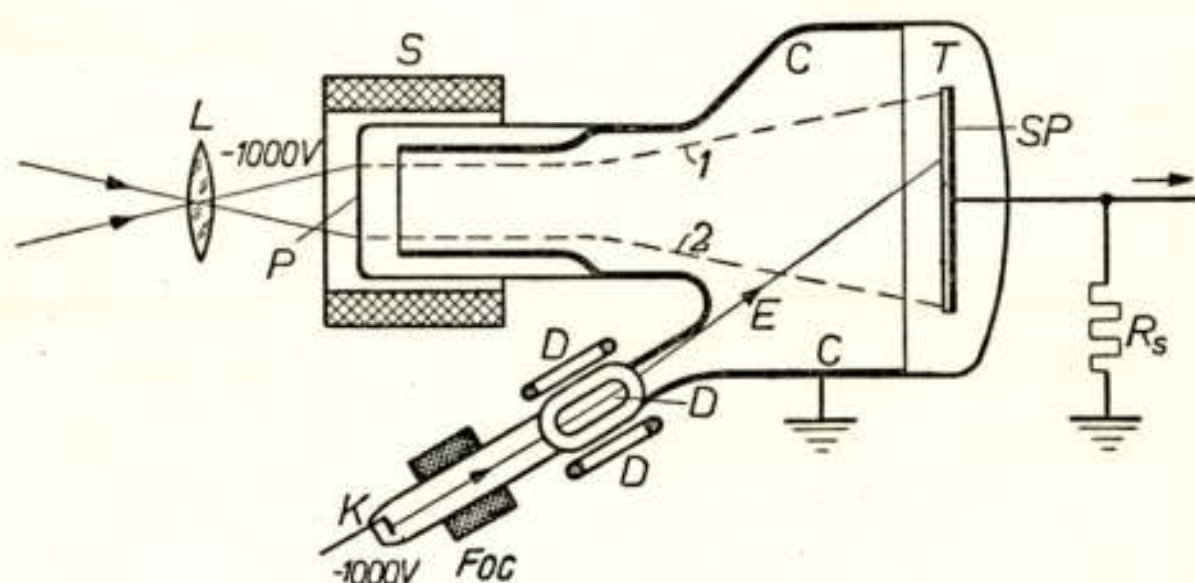


Fig. 9.

Schematische voorstelling van een beeldiconoscoop. P fotokathode; T trefplaat (mica) op achterzijde geleidende laag SP ; C collector; S spoel voor electronenoptische afbeelding; F_{oc} focusseringsspoel; D deflectie spoelen; R , signaalweerstaand.

men hieraan wel gedacht; constructief stuit men echter op tamelijk grote moeilijkheden, omdat de secundaire electronen in de iconoscoopachtige buizen zich in alle richtingen bewegen.

Na de voordracht werd gedemonstreerd:

- 1e. Het „geheugen” van de trefplaat van de beeldiconoscoop.
 - a). zonder scanning een beeld op de trefplaat maken.
 - b). licht weg, scanning in, het beeld wordt even zichtbaar.
- 2e. Het oplossend vermogen van onze beeldiconoscoop is ca. 900 lijnen, we werken echter maar met 625 lijnen; er blijven dus gedeelten onafgetast, die een iets andere potentiaal hebben dan de afgetaste lijnen. Indien men nu plotse-ling de beeldamplitude wijzigt, worden de niet afgetaste lijnen als een soort moiré zichtbaar.
- 3e. Onechte signalen.

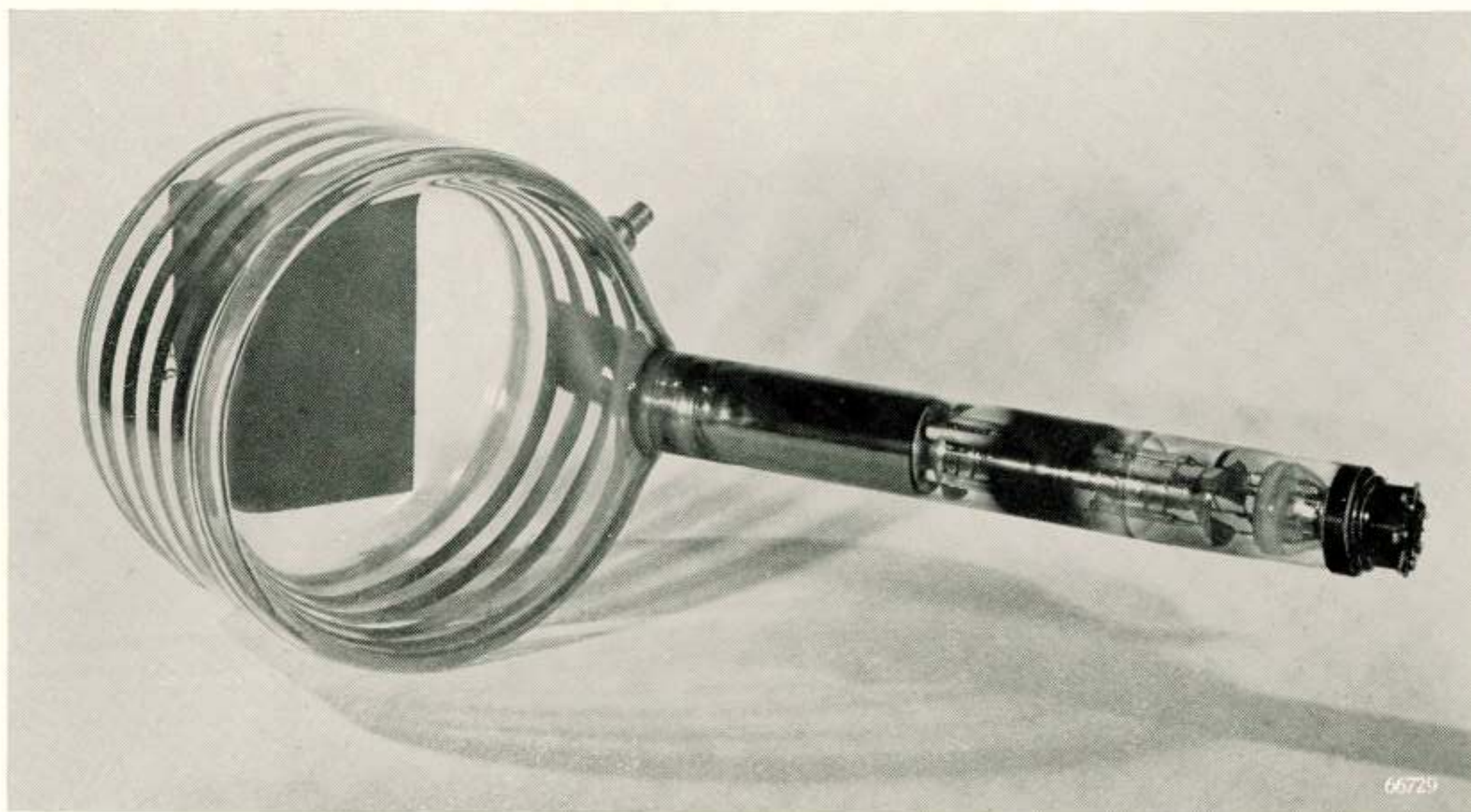
Benaming opneembuizen.

„low velocity”	orthicon (Am.)	} fotokathode
	C.P.S. emitron (Eng.)	
	orthicon (Ned.)	} tevens trefplaat
	(super) image orthicon (Am., Eng.)	} fotokathode en trefplaat gescheiden; multiplicatie van retourstraal
	beeldorthicon (Ned.)	
	vidicon (Am.)	fotogeleidende laag tevens trefplaat
„high velocity”	iconoscope (Am.)	} fotokathode
	emitron (Eng.)	
	iconoscoop (Ned.)	
	image iconoscope (Am.)	} fotokathode en trefplaat gescheiden; geen multiplicatie
	photicon (Eng.)	
	super emitron (Eng.)	
	eriscope (Fr.)	
	beeldiconoscoop (Ned.)	

Conclusie.

In dit artikel is getracht een overzicht te geven van de bestaande typen opneembuizen met hun wijdse benamingen. Wij hebben ons in het laboratorium hoofdzakelijk beziggehouden met het high-velocity aftastsysteem en daarmee een beeldiconoscoop ontwikkeld, die voor vele doeleinden geschikt is. Drs Schagen zal in zijn artikel enkele eigenschappen van deze beeldiconoscoop nader toelichten.

Drs Schagen zal in zijn artikel tevens nog meer in kwantitatieve zin vergelijkende gegevens verschaffen over de verschillende opneembuizen. Ir Francken zal over de electronenoptische problemen in de beeldiconoscoop het een en ander mededelen, alsmede over een variabele electronenoptische vergroting, die voor de praktijk van belang kan zijn.



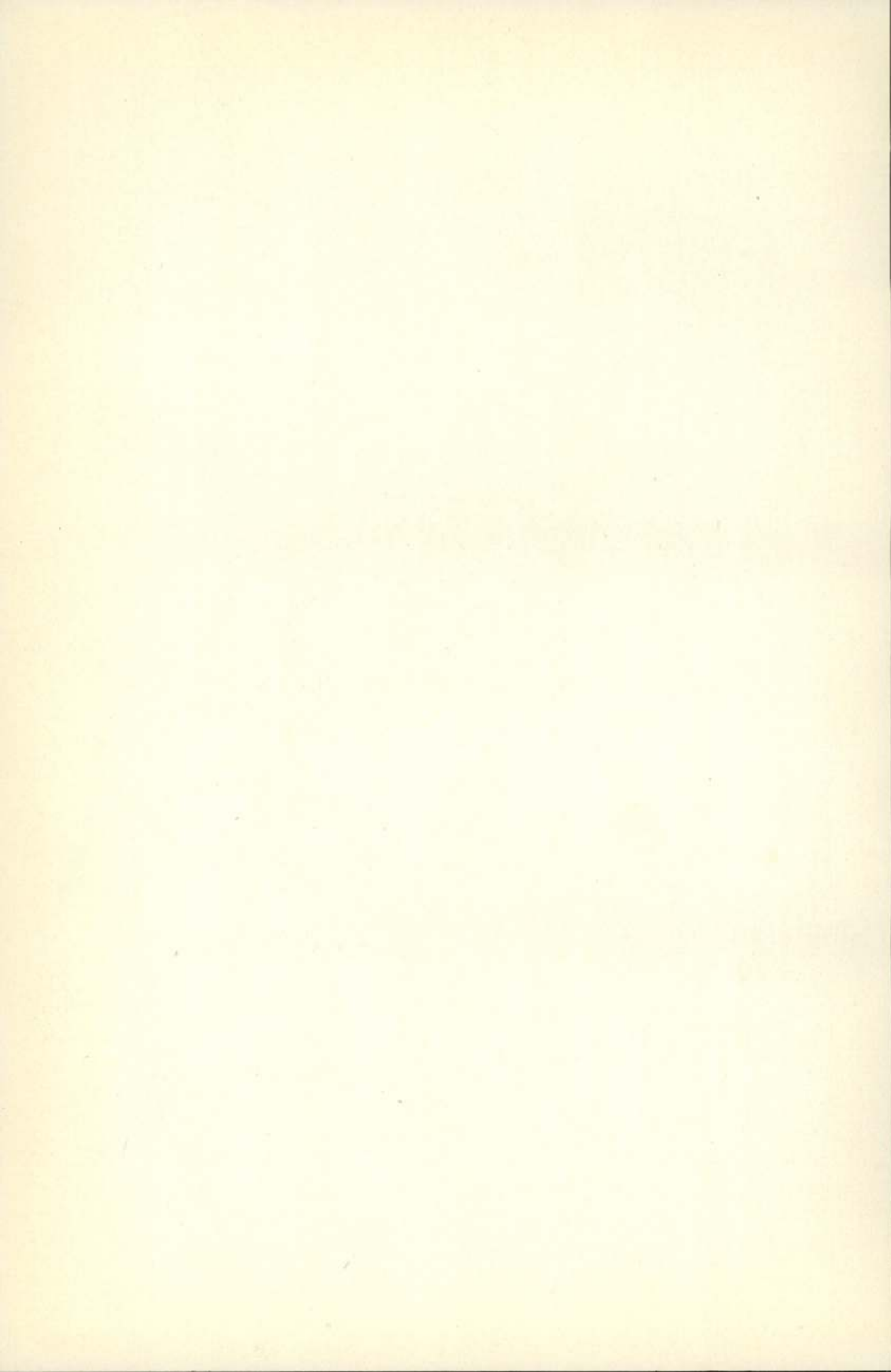
Philips iconoscoop 5852.





66801

Philips beeldiconoscoop 5854.



Literatuur*)

- A. Rose, Television pick up tubes and the problem of vision. *Advances in Electronics* vol. I, 1948, blz. 131.
- J. D. McGee, Electronic generation of television signals, Chapter IV in „*Electronics and their application in industry and research*” edited by B. Lovell, London Pilot Press 1947.
- J. D. McGee, A review of some television pick up tubes, *Proc. Inst. E. E.* part III **97**, 377, 1950 (C.P.S. emitron).
- Paul K. Weimer, S. V. Forgue and R. R. Goodrich, The vidicon photoconductive camera tube, *Electronics*, May 1950 p. 70 (vidicon).
- P. Schagen, H. Bruining and J. C. Francken, De beeldiconoscoop, een opneembuis voor televisie, *Philips techn. Tijdschrift*, **13**, 71, 1951.

*) De literatuur over dit onderwerp is zeer uitgebreid. De hier genoemde artikelen zijn gedeeltelijk referaten en gedeeltelijk publicaties, waarin meer bijzonderheden te vinden zijn.



Opneembuizen voor televisie

II. Eigenschappen en onderlinge vergelijking van de opneembuizen.

door P. Schagen

Natuurkundig Laboratorium N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
Eindhoven—Nederland

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radio Genootschap op 21 Maart 1951.

SUMMARY

A comparison is given between the performances of the four most important camera-tube types. The special tubes considered, are:

Tubes with low-velocity target stabilization: Orthicon-C. P. S.-emitron
— Image orthicon-American type 5826.

Tubes with high-velocity target stabilization: Iconoscope, Image iconoscope — Dutch type 5854.

The following characteristics are discussed:

I. Characteristics connected with the method of target stabilization employed:

- A. Linearity — Gamma
- B. Effective exposure-time
- C. Spurious-signal generation
- D. Simplicity of installation and operation

II. Some other characteristics:

- A. Signal-to-noise ratio
- B. Spectral response
- C. Stability
- D. Depth of focus
- E. Possibility of black-level restoration

III. Sensitivity:

For normal broadcasting purposes, where a good signal-to-noise ratio and reasonable depth of focus are required, the relative sensitivities of the tubes are found to be related as about: Iconoscope: Image iconoscope: Orthicon: Image orthicon = 1 : 75 : 25 : 325.

Nadat in het artikel van Dr Bruining iets verteld is over de indeling en werkingwijze van de belangrijkste opneembuizen, zal nu nog iets dieper ingegaan worden op de speciale eigenschappen van de verschillende buizen om zo te kunnen komen tot een onderlinge vergelijking.

Hierbij moeten wij er de nadruk op leggen, dat de gegevens van de orthicon en beeldorthicon aan de literatuur zijn ontleend en niet op eigen waarnemingen berusten.

Voor een opneembuis is de belangrijkste eigenschap uiteraard hoe de beeldkwaliteit is en hoe deze afhangt van het verlichtingsniveau van de op te nemen scène. Men stelt zich hierbij als ideaal een zo hoog mogelijke beeldkwaliteit en een maximale gevoeligheid.

Om na te kunnen gaan hoe de beeldkwaliteit van een bepaalde buis samenhangt met het lichtniveau zullen we de eigenschappen van de vier voornaamste opneembuizen eerst iets nader bezien.

De indeling was dus als volgt:

Buizen met *lage* electronen-
snelheid (orthicon-achtigen)

Orthicon (C.P.S.-emitron),
Beeldorthicon

Buizen met *hoge* electronen-
snelheid (iconoscoop-achtigen)

Iconoscoop, *Beeldiconoscoop*

De buizen met fotogeleiding, zoals de vidicon, zullen bij deze beoordeling buiten beschouwing blijven omdat deze nog niet voldoende ontwikkeld zijn voor televisie-uitzendingen.

I. *Eigenschappen die direct samenhangen met de aflastmethode.*

A. Lineariteit-Gamma.

Zoals reeds is betoogd, bezitten de buizen met lage electronen-snelheid de eigenschap van volledige accumulatie, d.w.z. ieder electron dat wordt vrijgemaakt door het foto-electrisch effect draagt bij tot het opbouwen van het potentiaalbeeld omdat het electrisch veld zodanig is, dat ieder foto-electron of secundair electron hiervan wordt afgezogen en dus bij het aftasten vertegenwoordigd is in de signaalstroom aan de uitgang van de buis. Wanneer men uitzet de signaalstroom als functie van de fotostroom, ontstaat een rechte lijn. Voor de orthicon is de signaalstroom exact gelijk aan de fotostroom en voor de beeld-orthicon is het een veelvoud van de fotostroom wegens de

secundaire-emissie-versterking zowel aan de trefplaat als in de electronenvermenigvuldiger. Wegens dit lineaire verband worden orthicon-achtigen lineaire buizen genoemd.

Indien het verband tussen signaalstroom S en fotostroom I_f wordt voorgesteld door een exponentiële kromme $S = \text{constante} \cdot I_f^\gamma$, waarbij γ de contrastcoëfficiënt wordt genoemd, dan kan men dus zeggen dat de gamma van de buizen met lage electronensnelheid gelijk is aan 1.

Nu heeft het weergeefstelsel zelf ook een gamma, die bepaald wordt door het verband tussen bundelstroom en stuurroosterspanning van de kathodestraalbuis, en die ongeveer gelijk is aan $2 - 2,5$. Het product van deze twee gamma's bepaalt de contrastverhouding in het weergegeven beeld en om deze gelijk te maken aan de contrastverhouding in de opgenomen scène moet de totale gamma ongeveer gelijk zijn aan 1. De opneembuis moet dus zelf een gamma bezitten die kleiner is dan 1, of wel er moet gamma-correctie worden toegepast in de uitwendige schakeling, wat in principe wel mogelijk maar vrij ingewikkeld is.

De iconoscoop-achtige buizen aan de andere kant zijn niet lineair, omdat de redistributie-electronen bij voorkeur zullen terugkeren naar plaatsen, die door de grotere belichting reeds een hogere potentiaal hebben, zodat de signaalstroom een neiging tot verzadiging vertoont bij toenemende belichting. Dit betekent, dat de gamma kleiner is dan 1 en in de praktijk blijkt dan ook, dat de contrastweergave reeds uitstekend is zonder gamma-correctie, hetgeen ongetwijfeld een belangrijk punt is in het voordeel van de buizen met hoge electronensnelheid.

B. Effectieve belichtingstijd.

Een ander gevolg van de volledige accumulatie in de buizen met lage electronensnelheid is, dat een beeldelement gedurende de volle tijd tussen twee aftastingen informatie verzamelt. Deze situatie is vergelijkbaar met die bij een film met een belichtingstijd van 0.04 sec (beeldperiode). Snelbewegende voorwerpen geven een vervaagd beeld. Bij de iconoscoop, waar een beeldelement alleen in staat is informatie te verzamelen vlak vóór de volgende aftasting, is deze effectieve belichtingstijd veel korter (ongeveer 0.004 sec), en het gevolg is dat als het ware een serie scherpe moment-opnamen wordt gemaakt, die bij een snel bewegend voorwerp op de waarnemer de indruk maakt van

een scherpe afbeelding. De beeldiconoscoop met zijn grotere accumulatie bezit ook een langere effectieve belichtingstijd dan de iconoscoop, maar toch is deze duidelijk korter dan de beeldperiode. Bij de beeldorthicon is de accumulatie in principe volledig, maar voor sterk belichte beeldelementen kan toch een kleine redistributie van secundaire electronen optreden door de potentiaalbeperkende werking van het rooster voor de trefplaat aan de zijde van de fotokathode, waardoor in dat geval de effectieve belichtingstijd iets wordt bekort.

C. Onechte signalen.

Terwijl de twee voorafgaande eigenschappen voor de beeldkwaliteit in het voordeel zijn van de iconoscoop en beeldiconoscoop, heeft het redistributie-effect, dat voor deze eigenschappen verantwoordelijk is, ook een onaangenaam resultaat tengevolge in de vorm van de onechte signalen, dat zijn dus de signalen, die niet veroorzaakt worden door belichting. Het resultaat van deze signalen bij de beeldiconoscoop zal straks worden gedemonstreerd.

Met toenemende belichting worden deze onechte signalen niet alleen relatief kleiner ten opzichte van het beeldsignaal, maar door het toenemende aantal langzame secundaire electronen ook in absolute zin steeds kleiner, aangezien deze langzame electronen eventuele potentiaalverschillen, die niet door het licht-effect zelf worden vergroot, steeds meer uitwissen. In ieder geval is het zo, dat, indien geen speciale maatregelen worden genomen, waar ik straks nog op terug zal komen, deze onechte signalen de ondergrens bepalen van de verlichtingsniveaux, waarbij de iconoscoop en beeldiconoscoop nog een bruikbare opname kunnen maken. Bij niet te grote onechte signalen kunnen nog wel de zg. „compensatie-signalen” worden toegevoegd aan het beeldsignaal, die het effect grotendeels compenseren.

De beeldorthicon heeft ook onechte signalen, die echter van geheel andere aard zijn en het zou te ver voeren hier dieper op in te gaan.

D. Eenvoud van bediening.

Als besluit van het vergelijken van de onderlinge verdiensten van de aftastsystemen moet nog gewezen worden op het verschil in gecompliceerdheid van de aftasting. Bij de iconoscoop en beeldiconoscoop is een goede focusering van de aftastbundel op eenvoudige wijze te bereiken. Voor de orthicon en beeld-

orthicon ligt de zaak echter geheel anders. Hier moet de af-tastbundel overal exact loodrecht op de trefplaat vallen en moeten de electronen steeds dezelfde snelheid bezitten in de richting van de as, hetgeen hoge eisen stelt aan de instelling van de magneetspoelen die zorgen voor de afbuigingen en focusering, terwijl door de geringe snelheid van de electronen het geheel veel gevoeliger wordt voor geringe stoorvelden en excentriciteiten. Het gevolg hiervan is, dat speciaal wanneer een groot oplossend vermogen geëist wordt, zoals op het vasteland van West-Europa, in principe de voorkeur wordt gegeven aan een buis met hoge electronensnelheid, waarbij het oplossend vermogen, dat hier door de hogere lijnenaantallen wordt geëist, op veel eenvoudiger wijze kan worden gerealiseerd.

II. *Andere eigenschappen.*

A. Signaal-ruisverhouding.

Voor het beoordelen van de beeldkwaliteit van een bepaalde opneembuis is een zeer belangrijk punt de signaal-ruisverhouding. Aangezien deze verhouding hoofdzakelijk bepaald wordt door de gevolgde methode van signaalopwekking en versterking, moet hier een principieel onderscheid worden gemaakt tussen iconoscoop, beeldiconoscoop en orthicon aan de ene kant, en beeldorthicon aan de andere kant. Bij de eerste drie buizen wordt de signaalstroom in de leiding van de signaalplaat namelijk normaal versterkt met een gewone versterker, waardoor de thermische ruis van de signaalweerstand en van de eerste versterkbuis een belangrijke rol speelt en zelfs geheel overheersend is voor de gebruikelijke signaalgrootte, terwijl bij de beeldorthicon de signaalstroom eerst inwendig door secundaire emissie in een electronenvermenigvuldiger wordt versterkt en het signaal daardoor op een dusdanig niveau wordt gebracht, dat de ruis, geïntroduceerd bij de daaropvolgende versterking in een uitwendige versterker, geen rol meer speelt. Niettegenstaande deze zeer gunstige methode van versterking zal aangetoond worden dat de beeldorthicon toch ongunstiger is wat ruis betreft ten gevolge van de toegepaste methode van signaal-opwekking.

Hiertoe zal een vergelijking worden gemaakt tussen de beeldiconoscoop en de beeldorthicon, waarbij de iconoscoop en de orthicon vergelijkbaar zijn met de beeldiconoscoop.

Signaal-ruisverhouding in de beeldiconoscoop.

De ruisspanning in het beeldsignaal van de beeldiconoscoop is voor te stellen als te zijn opgebouwd uit de drie belangrijkste componenten: ruis van straalstroom + fotostroom, ruis van de signaalweerstand en ruis van de eerste versterkbuis, en neemt dan de volgende vorm aan :

$$V_{ruis} = R \left\{ 2e F \delta_r^2 (\overline{I_a} + I_f) + 4kTF \left(\frac{1}{R} + \frac{4}{3} \pi^2 R_{aeq} C^2 F^2 \right) \right\}^{\frac{1}{2}},$$

waarin :

- R = signaalweerstand $= 10^5 \Omega$
 e = lading van het electron $= 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.
 F = gebruikte bandbreedte $= 5$ MHz
 δ_r = secundaire-emissiecoëfficiënt van de trefplaat zoals deze in de ruis tot uiting komt: $\approx \sqrt{5}$
 I_a = aftastbundelstroom
 I_f = totale fotostroom
 k = constante van Boltzmann $= 1,38 \cdot 10^{-23}$ Joule/graad
 T = absolute temperatuur $= 300^\circ K$
 R_{aeq} = aequivalente ruisweerstand van de eerste versterkbuis $= 750 \Omega$ (EF 42)
 C = parasitaire capaciteit $= 20 pF$ (geschat) over R .

Met een gemeten signaalkromme kan nu berekend worden de signaal-ruisverhouding als functie van de fotostroom overeenkomend met de „hoge lichten” (de lichtste plekken in het beeld), waarbij een waarde van de totale fotostroom gelijk aan $\frac{1}{4}$ van de fotostroom overeenkomend met de hoge lichten een redelijke waarde is.

Op deze wijze ontstaat de volgende tabel :

$$I_a = 0,2 \mu A$$

I_f in μA	$V_{signaal}$ in mV	V_{ruis} in mV	$\frac{V_{sign.}}{V_{ruis}}$	Overeenkomstige $\frac{V_{sign.}}{V_{ruis}}$ voor gelijkmatig verdeelde ruis
0,01	1,3	0,328	4	12
0,02	2,5	0,328	7,6	23
0,03	3,5	0,328	10,7	32
0,05	5,2	0,329	16	47
0,07	6,7	0,329	20	61
0,1	8,6	0,33	26	78
0,15	11,4	0,332	34	103
0,2	13,6	0,333	41	122
0,5	21,3	0,342	62	187
1	26,8	0,356	75	226

← komt overeen met max
voor beeldorthicon type 5620

← komt overeen met max.
voor beeldorthicon type 5628

Hierbij moet men zich realiseren, dat deze ruis zg. „gepiekt” is met de frequentie, d.w.z. de ruis is niet regelmatig verdeeld over de gehele frequentieband, maar treedt hoofdzakelijk op in de hoogste frequenties en is dus zichtbaar als een zeer fijne ruis in het beeld („sneeuwvui”), waardoor het effect aanzienlijk minder storend is. Volgens sommige onderzoekers is in dit geval een signaal-ruisverhouding toelaatbaar, die ongeveer 10 db (factor 3) lager ligt dan in het geval van continu verdeelde ruis.

Signaal-ruisverhouding in de beeldorthicon.

Bij de beeldorthicon is de belangrijkste ruisbijdrage afkomstig van statistische fluctuaties in de terugkerende aftastbundel:

$$\overline{I_r^2} = 2 e F (\overline{I_a} - I_s),$$

waarin I_s het gedeelte van de stroom voorstelt, dat de beeldlading heeft moeten compenseren.

De signaal-ruisverhouding tengevolge van deze fluctuaties is dan:

$$\frac{I_s}{\sqrt{\overline{I_r^2}}} = I_s \{2 e F (\overline{I_a} - I_s)\}^{-\frac{1}{2}}$$

Zoals Dr Bruining in zijn artikel reeds heeft aangetoond is er een bepaalde maximale waarde van I_s , die wordt bepaald door de capaciteit van een beeldelement en de maximale potentiaalvariatie van een beeldelement op de trefplaat.

Dientengevolge is er ook een maximale signaal-ruisverhouding, die voor de gevoeligste beeldorthicon (type 5820) 35 bedraagt en voor de beeldorthicon, die speciaal wordt aanbevolen voor studio-gebruik (type 5826), gelijk is aan 70.

Deze waarden worden bereikt, wanneer de verlichtingssterkte zodanig is, dat in de hoge lichten het signaal aan de uitgang net ligt boven de knie in de signaal-fotostroomkromme.

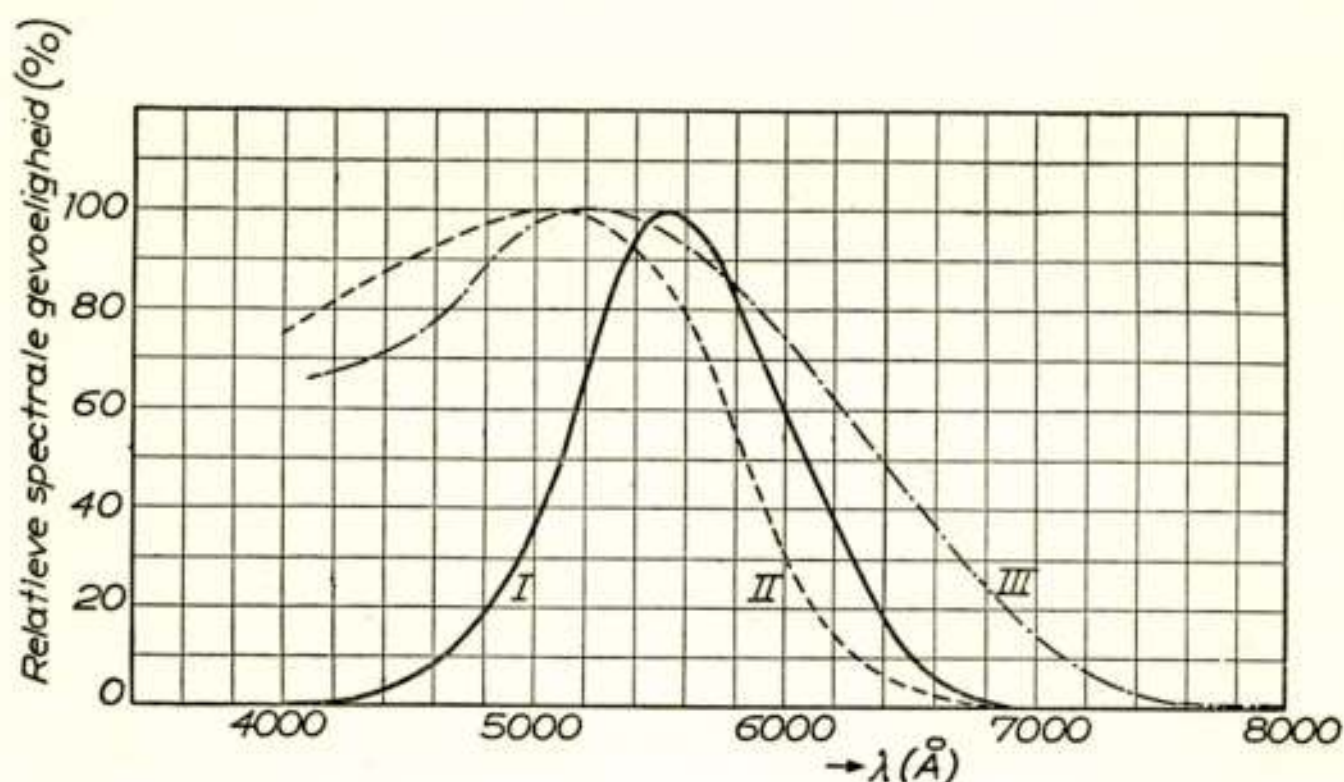
Uit deze formule voor de signaal-ruisverhouding kunnen twee belangrijke conclusies worden getrokken:

1. De ruis is gelijkmatig verdeeld over de gehele frequentieband en geeft dus een zg. grove ruis.
2. In de donkere partijen van het beeld is I_s klein en daardoor is de absolute waarde van de ruis zelfs nog groter dan voor de lichte partijen.

Beide eigenschappen zijn nadelig voor de beeldkwaliteit, en het

gevolg hiervan is dat bijvoorbeeld bij type 5820, waarvoor de maximale signaal-ruisverhouding 35 bedraagt, onder alle omstandigheden een hinderlijk ruisen zichtbaar is in het beeld, terwijl ook type 5826 nooit een zo volledig ruisvrij beeld kan geven als de iconoscoop, beeldiconoscoop of orthicon.

Hier staat echter wel tegenover, dat voor zeer lage lichtniveaux met deze buizen nog opnamen kunnen worden gemaakt, die weliswaar een duidelijk waarneembare ruis opleveren, maar die toch een meer acceptabel beeld geven dan een der vorige buizen bij deze helderheden kan produceren. We zullen hier nog op terug komen bij het vergelijken van de gevoeligheid der verschillende buizen.



Kromme I: Relatieve spectrale gevoeligheid van het menselijk oog.

Kromme II: Relatieve spectrale gevoeligheid van een *Sb-Cs-O*-fotokathode.

Kromme III: Relatieve spectrale gevoeligheid van een *Bi-Ag-Cs-O*-fotokathode.

B. Kleurgevoeligheid.

Voor het weergeven van een juiste contrastverhouding is het noodzakelijk, dat de kleurgevoeligheid van de opneembuis een zo sterk mogelijke overeenkomst vertoont met de spectrale gevoeligheid van het menselijk oog.

Het mozaïek in de iconoscoop voldoet in dit opzicht reeds vrij behoorlijk, terwijl voor de andere drie buizen dit probleem indentiek is en bestaat uit de opgave een semi-transparante fotokathode te fabriceren, die zo goed mogelijk aan deze eis voldoet. De *Sb-Cs-o*-kathode is in dit opzicht niet geheel bevredigend, daar de gevoeligheidskromme iets naar het blauw verschoven ligt. Latere variaties, waarbij het *Sb* door *Bi* is ver-

vangen en een kleine hoeveelheid Ag is toegevoegd, zijn in dit opzicht beter (zie figuur).

C. *Stabiliteit.*

Met betrekking tot de stabiliteit zijn de iconoscoop en beeldconoscoop zonder twijfel de beste buizen: ze zijn volkomen stabiel in het bedrijf. De orthicon is niet stabiel, doordat, zoals vanmorgen is aangetoond, bij te hoge belichting de buis kan omslaan tot iconoscoop werking. Hoewel de beeldorthicon niet aan dit euvel lijdt, door de potentiaal-beperkende werking van het rooster voor het glasvlies, moeten bij deze buis nauwkeurige voorzorgen in acht worden genomen wat temperatuur en lichthoeveelheid betreft om de beeldkwaliteit goed te houden, zodat men in dit opzicht de buis ook niet volkomen stabiel zou kunnen noemen.

D. *Scherptediepte.*

Een andere belangrijke factor voor de beeldkwaliteit van een bepaalde buis is de scherptediepte die wordt bepaald door de combinatie buis plus optiek. Onder de scherptediepte verstaan we het afstandsgebied van de camera, waarover het beeld op de buis nog scherp kan worden genoemd bij scherpstelling op een bepaalde afstand. Als scherp zal hierbij een afbeelding worden beschouwd, waarbij de doorsnede van de cirkel, die correspondeert met een punt van het beeld, even groot is als de breedte van één aftastlijn in de opneembuis.

Voor de scherptediepte s is op eenvoudige wijze de volgende benaderings formule af te leiden:

$$s = 2 \frac{f}{h} \cdot H^2 \cdot \frac{1}{nD} \text{ waarin } f = \text{brandpuntsafstand van de lens.}$$

h = beeldhoogte op de buis.

H = beeldhoogte van het af te beelden voorwerp.

n = aantal lijnen van het aftasten.

D = diameter van de lens.

Voor een bepaald gezichtsveld en een bepaalde scène is steeds $\frac{f}{h}$ en H constant, zodat hieruit de eenvoudige conclusie

volgt, dat de scherptediepte omgekeerd evenredig is met de lensdiameter.

Dit betekent, dat bij een kleiner beeld op de buis (kleinere fotokathode) voor hetzelfde gezichtsveld (kleinere f) een lens kan worden gebruikt met kleinere openingsverhouding $F = \frac{f}{D}$, omdat voor dezelfde scherptediepte D gelijk moet blijven.

Een voordeel van een kleinere fotokathode is, dat voor hetzelfde gezichtsveld een lens wordt gebruikt met kleinere brandpuntsafstand, waardoor de afmetingen van de lens-„turret” op de camera worden beperkt en ook de opneembuis zelf kleiner kan worden gedimensionneerd.

Hier staat tegenover dat voor gevallen, waarbij de scherptediepte niet zo groot behoeft te zijn, deze kan worden opgeofferd ten gunste van gevoeligheidswinst, omdat een lens met grotere brandpuntsafstand gemakkelijker een grotere diameter kan worden gegeven (minder diafragmeren).

De verschillende buizen hebben in hun tegenwoordige uitvoeringsvorm de volgende diameter van fotokathode of mozaïek:

		voor dezelfde scherptediepte en hetzelfde gezichtsveld:	
		$F = f/D$	f
Beeldiconoscoop (Philips)	20 mm	1,75	f_1
Beeldorthicon	40 mm	3,5	$2 f_1$
Orthicon (C.P.S.-emitron)	56 mm	4,9	$2,8 f_1$
Iconoscoop (Philips)	150 mm	13	$7,5 f_1$

In de laatste twee kolommen zijn aangegeven de waarden van de openingsverhouding $F = \frac{f}{D}$ en de verhouding der brandpuntsafstanden om voor deze buizen een beeld te krijgen met hetzelfde gezichtsveld en dezelfde scherptediepte. De diameters D van de lenzen zijn daarbij gelijk, zodat steeds evenveel licht wordt opgevangen van de scène en op de buis geworpen.

E. Zwartniveau.

De orthicon is de enige buis, waarmee zonder meer het zwartniveau kan worden vastgelegd, d.w.z. in het beeldsignaal kan op eenvoudige wijze worden aangegeven hoe het signaal-

niveau is, dat overeenkomt met volkomen zwart, hoewel in dat signaal zelf geen niveau aanwezig behoeft te zijn, dat daarmee overeenkomt. Een volkomen onbelicht beeldelement op het mozaïek zal immers tijdens het aftasten geen aanvullende electronen kunnen opnemen uit de aftastbundel, omdat ook geen foto-electronen zijn geëmitteerd. Door nu tijdens de terugslag van iedere lijn de aftastbundelstroom te onderdrukken zal de daarmee corresponderende instelling van de potentiaal aan de signaalplaat overeenkomen met volkomen zwart.

In het signaal van de andere buizen moet later in de schakeling op kunstmatige wijze een zwartniveau worden aangebracht, hetgeen bij sterke wisselingen in de belichting aanleiding kan geven tot een plotseling veranderen van het gehele niveau.

Dit automatische zwartniveau van de orthicon is een beslist voordeel, dat deze moeilijkheid voorkomt.

III. *Gevoeligheid.*

Zo komen we dan uiteindelijk aan een der belangrijkste eigenschappen van de opneembuizen: de gevoeligheid.

Het zou hierbij onjuist zijn de gevoeligheid van opneembuizen te vergelijken zonder daarbij de beeldkwaliteit in acht te nemen.

We zullen daarom het begrip gevoeligheid van twee zijden benaderen. Men kan zich afvragen:

1. Welk lichtniveau is nodig bij een bepaalde buis om een beeld te maken van vergelijkbare goede kwaliteit, dat wil zeggen met dezelfde scherptediepte en ongeveer even kleine ruis.
2. Bij afnemende verlichting neemt de beeldkwaliteit af totdat het beeld niet meer acceptabel is. Welke factor werkt hiervoor als begrenzing?

Ad 1

Voor het vergelijken van de verschillende buizen zal worden uitgegaan van een optiek, die voor iedere buis dezelfde diameter, heeft, zodat steeds evenveel licht wordt opgevangen en ook de scherptediepte gelijk is, terwijl een zelfde gezichtsveld wordt aangenomen.

Bij de iconoscoop, beeldiconoscoop en orthicon kan dan de gevoeligheid worden gesplitst in twee gedeelten:

- a) Het aantal μA fotostroom per opvallende lumen licht (van $2600^{\circ} K$).
- b) De signaalstroom in μA per μA fotostroom.

Deze twee waarden liggen voor de drie genoemde buizen ongeveer als volgt:

	Iconoscoop	Beeldiconoscoop	Orthicon (C.P.S.-Emitron)
Fotostroom	$12 \mu A/lm$	$45 \mu A/lm$	$15 \mu A/lm$
<u>Signaalstroom</u> Fotostroom	ca. 0,05	ca. 1	1

We hebben gezien, dat voor de drie buizen een signaalstroom van ongeveer $0,1 \mu A$ nodig is om een bruikbare signaal-ruisverhouding te geven, die overeenkomt met de maximale signaal-ruisverhouding van 70 bij de beeldorthicon type 5826. Het blijkt dus, dat hiervoor bij de iconoscoop circa $\frac{1}{6} = 1,67 \cdot 10^{-1}$ lumen nodig is op het mozaïek, bij de beeldiconoscoop $\frac{1}{450} = 2,22 \cdot 10^{-3}$ lumen op de fotokathode en bij de orthicon $\frac{1}{150} = 6,67 \cdot 10^{-3}$ lumen op het mozaïek.

De beeldkwaliteit is hierbij dan zodanig dat bij iconoscoop en beeldiconoscoop hoegenaamd geen compensatie nodig is voor onechte signalen. De gevoeligheidsverhouding voor een beeld met dezelfde scherptediepte en signaal-ruisverhouding is dus:

$$\text{iconoscoop} : \text{beeldiconoscoop} : \text{orthicon} = 1 : 75 : 25.$$

Bij de beeldorthicon ontstaat de beste beeldkwaliteit met de maximale signaal-ruisverhouding wanneer de verlichting zodanig is, dat in de hoge lichten het signaal net ongeveer een factor 2 boven de knie in de signaal-fotostroomkromme ligt. Dit is voor de beeldorthicon type 5826 het geval bij 0,6 lux op de fotokathode, hetgeen overeenkomt met $4,6 \cdot 10^{-4}$ lumen op de foto-kathode waarbij de signaal-ruisverhouding dus gelijk is aan 70.

Men kan nu uitrekenen, dat bij een maximale reflectie in de scène van ongeveer 20% en een scherptediepte, die overeenkomt met een lensdiameter $f/3,5$, een dergelijk beeld wordt verkregen bij een verlichtingssterkte op de scène van circa 200 lux.

Voor dat geval kan nu dus direct worden omgerekend hoe

groot de verlichtingssterkte moet zijn voor de andere drie buizen om een beeld te krijgen met dezelfde scherptediepte en vergelijkbare ruis :

	Iconos- coop $f/13$	Beeliconos- coop $f/1,75$	Orthicon (C.P.S.-emi- tron) $f/4,9$	Beeldorthi- con 5826 $f/3,5$
Benodigd licht- niveau voor dezelfde goede scherptediepte en geringe ruis	75000 lux	1000 lux	3000 lux	200 lux

In verband met deze waarden moet nu even worden gewezen op de verwarring, die vrij algemeen bestaat op het punt van de gevoeligheid der verschillende buizen. Als voorbeeld zal een opgave van J. D. McGee worden aangehaald (Proc. Inst. Electr. Engrs. I.E.E. III, 97, p. 377, 1950), waarin wordt opgegeven, dat het C.P.S.-emitron een beeld van goede kwaliteit kan geven bij 100 lux. Hierbij was echter aangenomen een maximale reflectie-coëfficiënt in de scène van 100% en een lens met $f/2$. Dit betekent, dat de scherptediepte hierbij aanzienlijk kleiner was, n.l. ongeveer een factor 2,5. In totaal kan dus inderdaad voor dat geval een verlichting worden toegepast, die dertig maal zo klein is als boven is aangegeven. Het is echter niet juist hieruit te concluderen, dat het C.P.S.-emitron een gevoeligheid heeft die vergelijkbaar is met die van de beeldorthicon!

Voor alle buizen kunnen bovengenoemde verlichtingsniveau's nog wel min of meer aanzienlijk worden verlaagd, wanneer op de scherptediepte wordt toegegeven. Voor een twee maal zo kleine scherptediepte (twee maal zo grote lensdiameter) kan men met vier maal zo weinig licht toe omdat de lens vier maal zoveel licht opvangt van de scène. Bij de Philips beeldiconoscoop, [die de kleinste fotokathode heeft, kan men hiermee het minst ver gaan daar een grotere diameter van de lens bij de kleinere brandpuntsafstanden, die hier worden gebruikt, steeds moeilijker is te bereiken. (Men kan maximaal gaan tot ongeveer $D = f/1,3$.)

Tenslotte zullen we nog even een indruk geven van de scherptediepte, die bereikt wordt bij de genoemde lensdiameter ($f/1,75$

voor de beeldiconoscoop bij een lens met $f=2,5$ cm, openingshoek 1 op 2), bij scherpstelling op verschillende afstanden.

Afstand	Scherptediepte
1 meter	11 cm
1,5 meter	25 cm
2 meter	45 cm
5 meter	275 cm
10 meter	11 meter

Hieruit blijkt reeds, dat speciaal voor studiogebruik men zeker niet veel omlaag zal kunnen gaan met de scherptediepte zonder dat dit voor de meeste gevallen storend wordt.

Voor de iconoscoop is de genoemde verlichting in een studio nooit te bereiken, zodat daar wel noodgedwongen moet worden overgegaan op een veel geringere scherptediepte, hetgeen dan ook een van de voornaamste bezwaren is tegen deze buis. Het benodigde verlichtingsniveau voor de beeldiconoscoop is echter wel gemakkelijk te bereiken in een studio en ook tijdens buitenopnamen bij daglicht, zodat speciaal voor dit gebruik, dat is dus het grootste deel van alle opnamen, de beeldiconoscoop wegens de uitstekende beeldkwaliteit en de reeds aangegeven andere gunstige eigenschappen, een bijzonder geschikte buis is.

Ad 2

Voor bepaalde opnamen, zoals die in een schouwburg, waar de verlichtingssterkte op het toneel ongeveer 100-200 lux kan bedragen, of van sportwedstrijden bij kunstverlichting, waar eveneens het lichtniveau van deze grootte-orde is, zal men zonder meer in staat zijn met de beeldorthicon opnamen te maken. Het is hierbij uitgesloten nog met de iconoscoop te werken, maar hoe staat het nu met de beeldiconoscoop en de orthicon?

Om te beginnen zal men hier vaak een grotere lensdiameter willen gebruiken om zo aan gevoeligheid te winnen. In dit opzicht kan de orthicon iets meer winnen dan de beeldiconoscoop in zijn tegenwoordige uitvoering wegens de grotere afmeting van het mozaiek. Deze winst gaat niet geheel kwadratisch met de afmeting van de fotokathode, aangezien voor evenredig toegenomen brandpuntsafstanden het steeds moeilijker wordt dezelfde gunstige f/D -verhouding te realiseren. Hierdoor kan de orthicon ongeveer een factor 3 méér winnen dan de beeldiconoscoop en wordt de gevoeligheid van beide buizen dan ongeveer gelijk wat betreft de ruis bij een betere scherptediepte

voor de beeldiconoscoop. Voor nog minder licht krijgt men nu echter een kleinere fotostroom, waardoor de signaal-ruisverhouding afneemt, maar hierbij komt de beeldiconoscoop eerder in het nadeel wegens het optreden van de onechte signalen.

Het is echter mogelijk met een vrij eenvoudig hulpmiddel de storende invloed van deze onechte signalen in de beeldrichting, waarin ze het ergst zijn, geheel op te heffen, waarbij bovendien de mogelijkheid wordt geschapen het zwartniveau lijn voor lijn vast te leggen. Men kan er namelijk voor zorgen, dat zich aan de zijkant van de trefplaat een verticaal strookje bevindt, waar geen foto-electronen op terecht kunnen komen, terwijl dit strookje wel wordt afgetast. Het signaal, dat dan bij het aftasten van dit strookje ontstaat aan de uitgang van de buis komt voor iedere lijn overeen met „zwart”, hoewel in de lichtverdeling langs het verdere gedeelte van de lijn geen zwart in het beeld aanwezig behoeft te zijn. Door het signaal van dit „zwarte” strookje lijn voor lijn telkens op hetzelfde niveau (het zwartniveau) te leggen in de schakeling, vermijdt men in het beeld volkomen de onechte signalen in de beeldrichting. Deze zijn immers gesuperponeerd op het signaal, dat overeenkomt met de belichting.

Dank zij deze verbetering is men er in geslaagd de ruis in het beeld ook bij de beeldiconoscoop tot voornaamste begrenzende factor te maken voor het opnemen bij lage helderheden. De verbetering die met deze methode wordt bereikt, zal, als besluit van deze voordracht, nu gedemonstreerd worden.

Discussie

Ir J. Vormer: Is het verstandig de correctie van de lineariteit aan de zijde van de weergavebuis te zoeken?

Drs P. Schagen: Het is in principe denkbaar een weergeefbuis te maken met $\gamma = 1$, maar dat zou verstrekkende consequenties hebben voor de producenten van kathodestraalbuizen, aangezien dit een geheel gewijzigde kanonconstructie vereist, die moeilijk reproduceerbaar is.

Bovendien zou dan een vrij geringe steilheid resulteren.

In de praktijk hebben de kathodestraalbuizen over de gehele wereld dan ook een γ die ongeveer gelijk is aan 2-2,5.

Literatuur

- L. H. Bedford, Television Camera Tubes, Wireless Engineer 28, nr. 328, p. 4, Jan. 1951.
- R. B. Janes a.o., Light transfer characteristics of image orthicons, R.C.A. Review 11, nr 3, p. 364, Nov. 1950.
- J. D. McGee, Distant Electric Vision, Proc. of the Inst. of Rad. Engn. 38, nr 6, p. 598, June 1950.
- O. H. Schade, Electro-optical characteristics of camera systems, R.C.A. Review 9, nr 1, 2, 3, 1948.

Opneembuizen voor televisie

III. Electronenoptische problemen in de beeldionoscoop

door J. C. Francken

Natuurkundig Laboratorium N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken
Eindhoven—Nederland

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radio Genootschap op 21 Maart 1951.

SUMMARY

In the image-iconoscope two parts can be distinguished: the scanning section and the electron-image section. In the design of both parts typical electron-optical problems are involved.

With respect to the scanning section, means to obtain nearly uniform focus over the target are discussed. It appears to be of advantage to use a high current density at the cathode. Therefore, use is made of the so-called L-cathode which also allows for accurate mounting of the gun parts.

The electron-image section consists of the photo-cathode, an electron lens and the target. The electron lens is formed by co-axial electrostatic and magnetic fields. The electrostatic field exists between cathode and anode-cylinder, the magnetic field is generated by a rather long coil.

The properties of this system are discussed. Causes of unsharpness (chromatic aberration and curvature of the field) and geometric distortion (pincushion distortion and spiral error) are mentioned. All these errors can be reduced to such an extent that a satisfactory image can be obtained.

A special feature of this type of electron lens is the possibility of varying the magnification of the image continuously without affecting its sharpness and rotation. This can be done by using a coil split up into three separate sections. By varying the currents in these sections simultaneously, a continuous variation of the magnification in a range of 1:2 can be achieved.

Inleiding.

Zoals reeds uit de voorgaande artikelen is gebleken, kan men in de beeldionoscoop twee secties onderscheiden: de afbeeldingssectie en de aftastsectie. In beide vindt men typisch electronen-optische problemen.

Aftastsectie.

We zullen eerst de *aftastsectie* wat nader beschouwen. De aftastende bundel wordt gevormd door middel van een elektronenkanon, zoals dat ook te vinden is in kathodestraalbuizen. Er zijn echter twee kenmerkende verschillen tussen dit laatste en het beeldiconoscoopkanon.

Zoals uit de foto van de beeldiconoscoop te zien is, maakt de as van het kanon een hoek van ca. 60° met het vlak van de trefplaat, terwijl deze hoek in kathodestraalbuizen 90° is.

Deze situatie heeft enkele ingrijpende consequenties.

In de eerste plaats is de afstand van de bovenrand van de

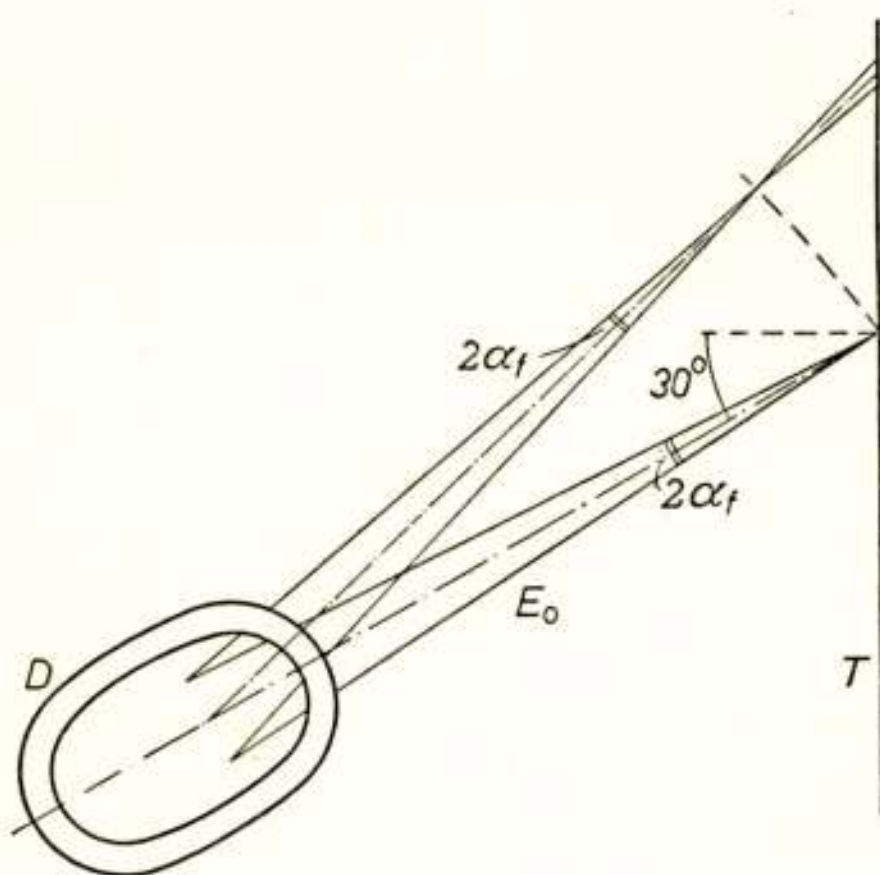


Fig. 1.

Is de niet afgebogen bundel E_0 gefocusseerd op het midden van de trefplaat T , dan valt bij de afgebogen bundel het focus niet meer in het vlak van T . Hierdoor ontstaat een onscherpte, die geringer is naarmate de openingshoek $2\alpha_f$ kleiner is.

trefplaat tot het deflectiepunt — dat zich ongeveer in het midden van de deflectiespoelen bevindt — veel groter dan die van de onderrand tot dit punt. Het gevolg is dat, als de elektronenbundel op het midden van de plaat gefocusseerd is, dit niet meer het geval is aan de boven- en onderzijde (fig. 1).

Om toch voldoende scherpte over het gehele oppervlak te krijgen, moet de scherpte-diepte zeer groot, dus de aftastende bundel zeer slank zijn.

De reden, dat dit technisch uitvoerbaar is, ligt in het tweede verschilpunt met kathodestraalbuizen: de bundelstroom is zeer

klein, n.l. van de orde van $0,2 \mu A$. Bij weergeefbuizen is ze bv. $100 \mu A$ met toppen van $500 \mu A$.

De slanke bundel wordt in het kanon van de beeldiconoscoop verkregen met behulp van een tweetal achter elkaar gelegen diafragma's. Het eerste snijdt uit de oorspronkelijke, veel wijdere bundel, een zeer dun bundeltje, het tweede houdt secundaire electronen tegen, die aan het eerste diafragma worden vrijgemaakt.

Op deze manier is een slanke bundel vrij eenvoudig te realiseren, doch men eist bovendien nog een fijn focus. De hoogte van de trefplaat is 45 mm. Om een oplossend vermogen van 1000 lijnen te halen, moet de diameter van de electronenvlek dus 45μ zijn.

Het blijkt nu, dat de eisen van grote scherptediepte (slanke bundel) en kleine vlek, met elkaar in strijd zijn.

Voor de straal van de aftastvlek r_t geldt nl. de wet van Helmholtz-Lagrange:

$$r_t^2 = \text{const.} \frac{i}{j_o V \sin^2 u}$$

r_t = straal aftastvlek aan de trefplaat

i = bundelstroom

j_o = stroomdichtheid aan de kathode

u = halve openingshoek van de bundel aan de trefplaat

V = versnellingsspanning.

Deze wet, welke steunt op de 2e hoofdwet van de Thermodynamica en zijn optisch analogon vindt in de wet van Abbe:

$$\frac{B}{n^2} = \text{constant},$$

— waarin B de helderheid en n de brekingsindex in het beschouwde vlak voorstellen, — is van fundamentele aard. Het zou te ver voeren, hier een afleiding ervan te geven. We zullen volstaan met enkele conclusies.

De versnellingsspanning V is gegeven door de eis, dat de secundaire-emissiecoëfficiënt aan de trefplaat zo groot mogelijk moet zijn en bedraagt in de praktijk ca. 1000 volt. Ook de stroomsterkte i moet, zoals uit het voorgaande artikel blijkt, een bepaalde waarde hebben, welke in praktische gevallen van $0,1 - 0,3 \mu A$ varieert.

We zien dus, dat bij gegeven j_o , r_t omgekeerd evenredig is

met $\sin u$: hoe smaller de bundel, hoe groter de vlek. Het is dus voordelig, j_0 hoog te kiezen.

In de beeldiconoscoop is $u_0 \approx 3 \cdot 10^{-3}$ radiaal en de gemiddelde stroomdichtheid aan de kathode is bij $0,3 \mu A$ straalstroom, ongeveer $150 mA/cm^2$. Deze belasting is echter niet uniform, maar is in het midden 3 à 4 maal zo groot.

Dergelijke stroomdichtheden zijn met een oxyde-kathode wel te halen, doch het is duidelijk, dat de kathode in een kostbare buis als de beeldiconoscoop geen begrenzend factor voor de levensduur mag vormen. Daarom wordt in de Philips-beeldiconoscoop de z.g. *L*-kathode gebruikt. Dit is een nieuw type kathode, welke in het laboratorium ontwikkeld is. De kathode bestaat uit een poreuze wolfraampastille, waarop zich door

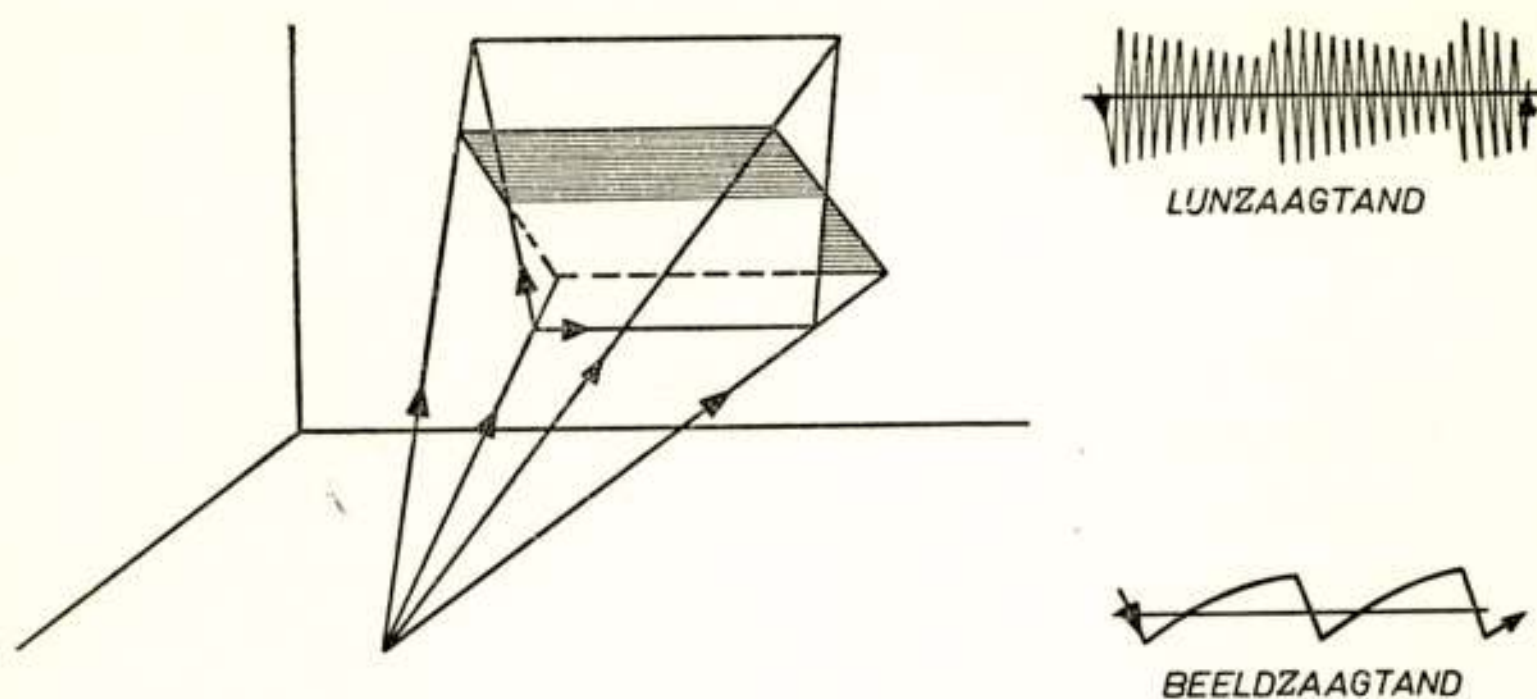


Fig. 2.

Wordt de bundel met behulp van normale zaagtanden afgebogen, zodanig dat op een vlak loodrecht op de kanon-as een rechthoekig raster wordt geschreven, dan is het raster op de trefplaat, welke een hoek van 60° maakt met die as, een trapezium. Bovendien is het raster aan de bovenzijde uitgerekt.

Deze fouten worden gecorrigeerd door de lijnzaagtand met de beeldzaagtand te moduleren en deze laatste kromlijnig te doen verlopen.

diffusie een mono-atomaire laag barium en strontium vormt, welke de emissiestroom levert. Deze kathode is ook voor veel hogere belastingen geschikt, en heeft bij de hier optredende belastingen een zeer grote levensduur.¹⁾

¹⁾ H. J. Lemmens, M. J. Jansen en R. Loosjes, Een nieuwe thermisch emitterende kathode voor zware belastingen, Philips techn. Tijdschrift 11, 329—358, 1949.

De *L*-kathode maakt ook een zeer nauwkeurige montage mogelijk, zodat uitval op het kanon zeer klein is.

Een verdere bijzonderheid van het kanon is de zeer nauwe hals, waarin het gemonteerd is. De inwendige diameter is slechts 11 mm. Dit heeft het voordeel, dat focus- en deflectiespoelen zeer klein kunnen zijn. Dit geeft een besparing aan de benodigde bekrachtigingsenergieën en bovendien grijpt het deflectieveld ook practisch niet door in de afbeeldingsruimte, waar het de electronenoptische afbeelding zou kunnen storen.

Tenslotte is er nog een andere consequentie van het aftasten onder een hoek. Schrijft men nl een raster, dat onder normale omstandigheden een rechthoek zou zijn, dan wordt dit in ons geval een trapezium. (fig. 2).

Bovendien loopt de lineariteit in de beeldrichting mis, daar immers de afstand van het deflectiepunt naar de bovenrand van de trefplaat groter is dan die naar de onderkant ervan. Bij gebruik van een lineaire zaagtand wordt het beeld aan de bovenkant dus in de beeldrichting uitgerekt. We moeten dus, als we van onder naar boven aftasten, een kromme zaagtand gebruiken (fig. 2).

Om de trapeziumvervorming te corrigeren moduleren we de lijnzaagtand met de beeldzaagtand (fig. 2).

Afbeeldingssectie.

We zullen nu de *afbeeldingssectie* nader beschouwen.

De functie van deze sectie is, om van het foto-emissiebeeld dat aan de fotokathode ontstaat tengevolge van een daarop gevormd lichtbeeld, een natuurgetrouw ladingsbeeld op de trefplaat te vormen. Anders gezegd: alle electronen, die door een punt van de fotokathode worden uitgezonden, moeten weer gefocusseerd worden in een overeenkomstig punt van de trefplaat.

Hiertoe moet men gebruik maken van een *electronenlens*. Een dergelijke lens wordt gevormd door elektrische en/of magnetische velden, welke rotatie-symmetrie bezitten. Electronenlenzen worden in tal van moderne buizen en apparaten gebruikt, b.v.:

Zuiver electrostatische lenzen: oscillograafbuis, electrostatisch electronenmicroscop.

Zuiver magnetische lenzen: weergeefbuizen voor televisie en radar, magnetisch electronenmicroscop.

De electronenlens of -lenzen in de beeldiconoscoop moeten aan de volgende eisen voldoen:

- 1) Aan de kathode moet een versnellend veld zijn, om verzadigde foto-emissie te krijgen.
- 2) De lens moet een zo groot mogelijk gedeelte van de fotokathode natuurgetrouw afbeelden, m.a.w. een grote gezichtsveldhoek bezitten.
- 3) Zowel de fotokathode als de trefplaat moeten vlak zijn.

(Een bolle fotokathode stelt grote beperkingen aan de bij de buis te gebruiken optiek. Een gekromde trefplaat is technisch zeer moeilijk te maken.)

De eerste eis houdt in, dat we in ieder geval een electrostatisch veld moeten hebben aan de kathode. Dit wordt verkregen door tegenover de fotokathode een cylinder te plaatsen

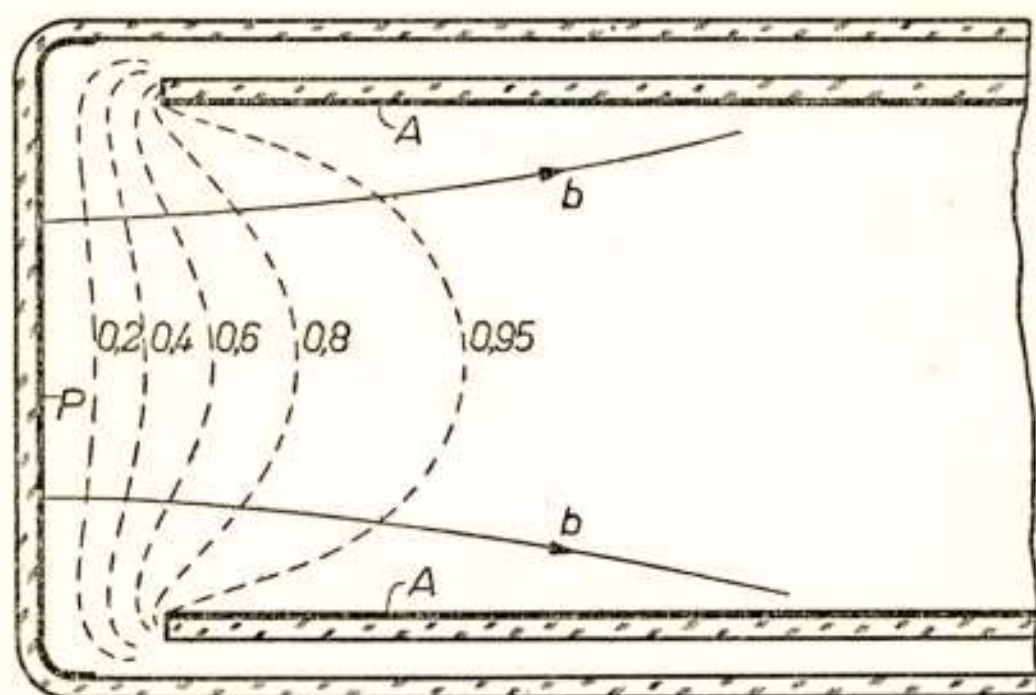


Fig. 3.

Tussen de fotokathode P en de anodecylinder A is een versnellend electrisch veld aanwezig. Stippellijnen: verloop van enige aequipotentiaalvlakken (de potentiaal van P is nul, die van A is 1 gesteld). b zijn electronenbanen, bij afwezigheid van andere velden.

— in ons geval een gemetalliseerde glazen buis — die de gewenste potentiaal heeft.

Het veld, dat door de combinatie kathode-anodecylinder ontstaat, werkt als een electronenlens. In fig. 3 zijn enkele aequipotentiaalvlakken en electronenbanen geschetst. We zien, dat deze laatsten divergeren. De electronenlens is dus *negatief*.

Het is onmogelijk om met een negatieve lens een reëel beeld te vormen van een reëel voorwerp. We moeten dus, of de

vorm van het electrostatische veld zodanig veranderen dat er een positieve lenswerking ontstaat, of een positieve lens aan het systeem toevoegen.

In verband met de eisen 2) en 3) vervalt de eerste mogelijkheid. Het is nl. tot nog toe niet mogelijk gebleken een electrostatisch lenzensysteem te ontwerpen, dat een voldoende groot gedeelte van een *vlakke* kathode natuurgetrouw afbeeldt.

We moeten dus een positieve magnetische lens aan het systeem toevoegen. Dit geschiedt, door een magneetspoel concentrisch om de buis te plaatsen. De beste resultaten worden verkregen, indien de kathode zich zover *in* de spoel bevindt, dat het veld ter plaatse van de kathode nagenoeg homogeen is. (fig. 4) Dit is het eerst toegepast door Iams, Morton en Zworykin (1939).¹⁾

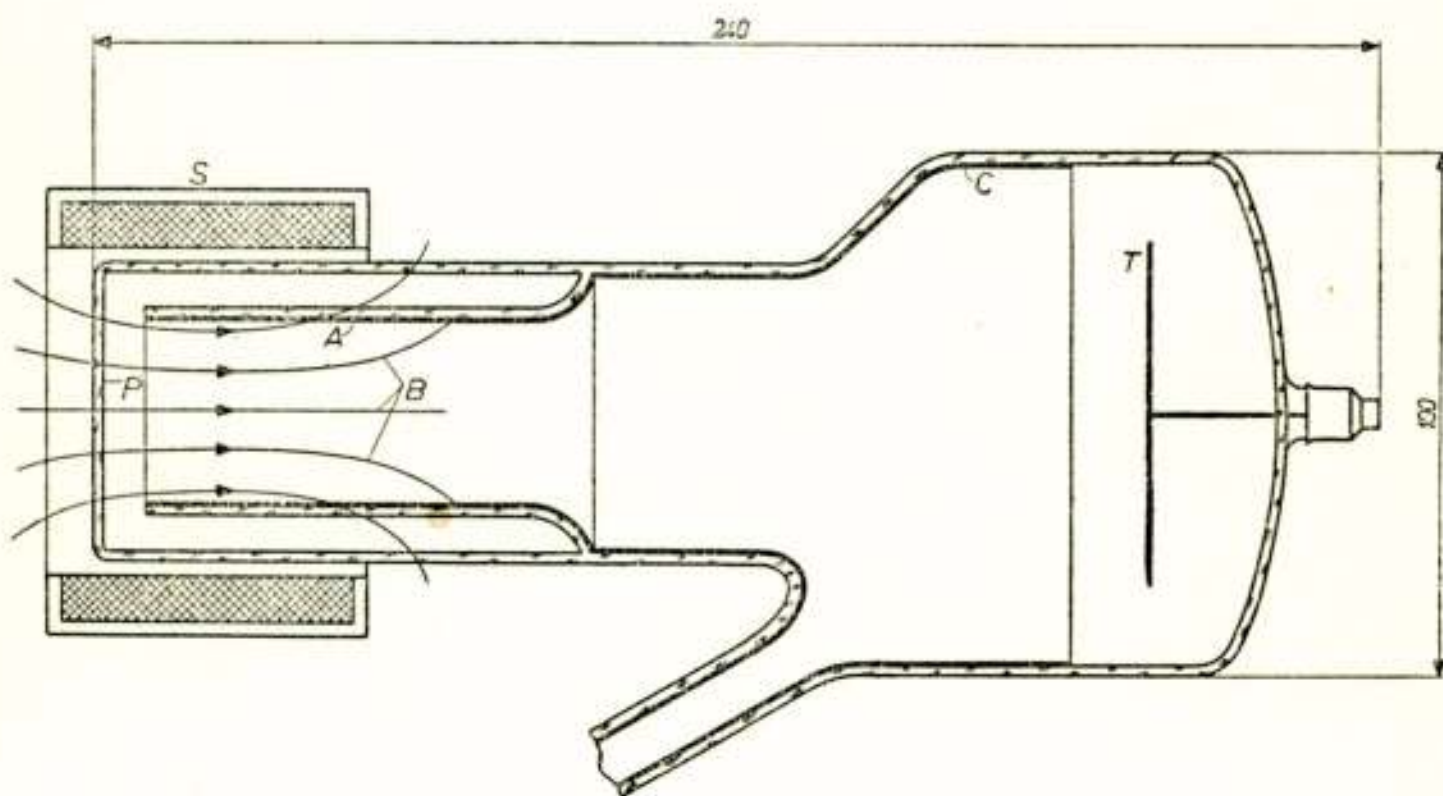


Fig. 4.

Electronenoptische afbeelding van de fotokathode *P* op de trefplaat *T* met behulp van een elektrisch veld (tussen *P* en *A*, vgl. fig. 3) en een magnetisch veld. Dit laatste (inductielijnen *B*) wordt opgewekt door een spoel *S*.

We hebben nu feitelijk een gecombineerd electrostatisch-magnetische lens gekregen, aangezien electrostatische en magnetische krachten ter zelfde tijd werkzaam zijn.

Mits de spoel op de juiste wijze wordt geconstrueerd en aangebracht, kunnen met een dergelijk lenzensysteem uitstekende resultaten worden bereikt.

¹⁾ H. Iams, G. A. Morton en V. K. Zworykin, Proc. Inst. Radio Engrs. 27, 541—547, 1939.

Afbeeldingsfouten.

De taak van het electrostatisch-magnetische lenzensysteem is dus, elk van de electronenbundeltjes die door de punten van de fotokathode worden uitgezonden, weer tot punten te convergeren.

Evenmin als met optische lenzen, is deze afbeelding echter geheel ideaal. Er treden afbeeldingsfouten op. De scherpte van de afbeelding in het midden wordt begrensd door de z.g. *chromatische aberratie*. Deze fout vindt zijn oorzaak in het feit, dat de electronen die door een punt van de kathode worden geëmitteerd, snelheden hebben die verschillend zijn in grootte en richting. Deze chromatische aberratie beperkt echter geenszins het oplossend vermogen van de beeldiconoscoop.

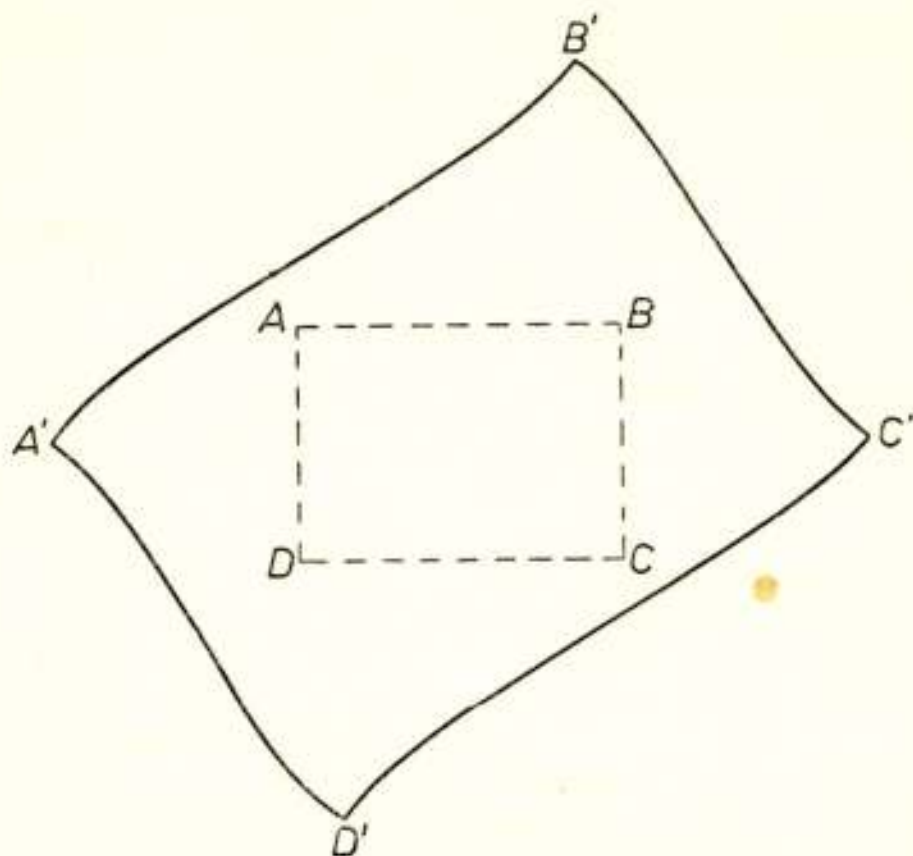


Fig. 5.

$ABCD$ beeld op de fotokathode. $A'B'C'$ potentiaalbeeld op de trefplaat. Dit laatste is t.o.v. $ABCD$ vergroot en verdraaid en vertoont een zekere mate van *S*-distorsie, die bij magnetische lenzen altijd optreedt, doordat punten ver van het midden over een grotere hoek draaien dan punten nabij het centrum.

De scherpte in de hoeken wordt meestal beperkt door de z.g. *beeldveldkromming*: het beeldvlak is niet vlak, maar gekromd. Deze beeldveldkromming heeft een onscherpte in de hoeken tot gevolg.

Behalve dat de afbeelding *scherp* moet zijn, moet ze natuurgetrouw zijn, d.w.z. geometrisch juist. Afwijkingen van de juiste geometrie noemt men *vertekening*. Bij het lenzensysteem van de beeldiconoscoop kan tweeërlei soort vertekening optreden: de *kussenvormige vertekening* en de z.g. *S-distorsie*.

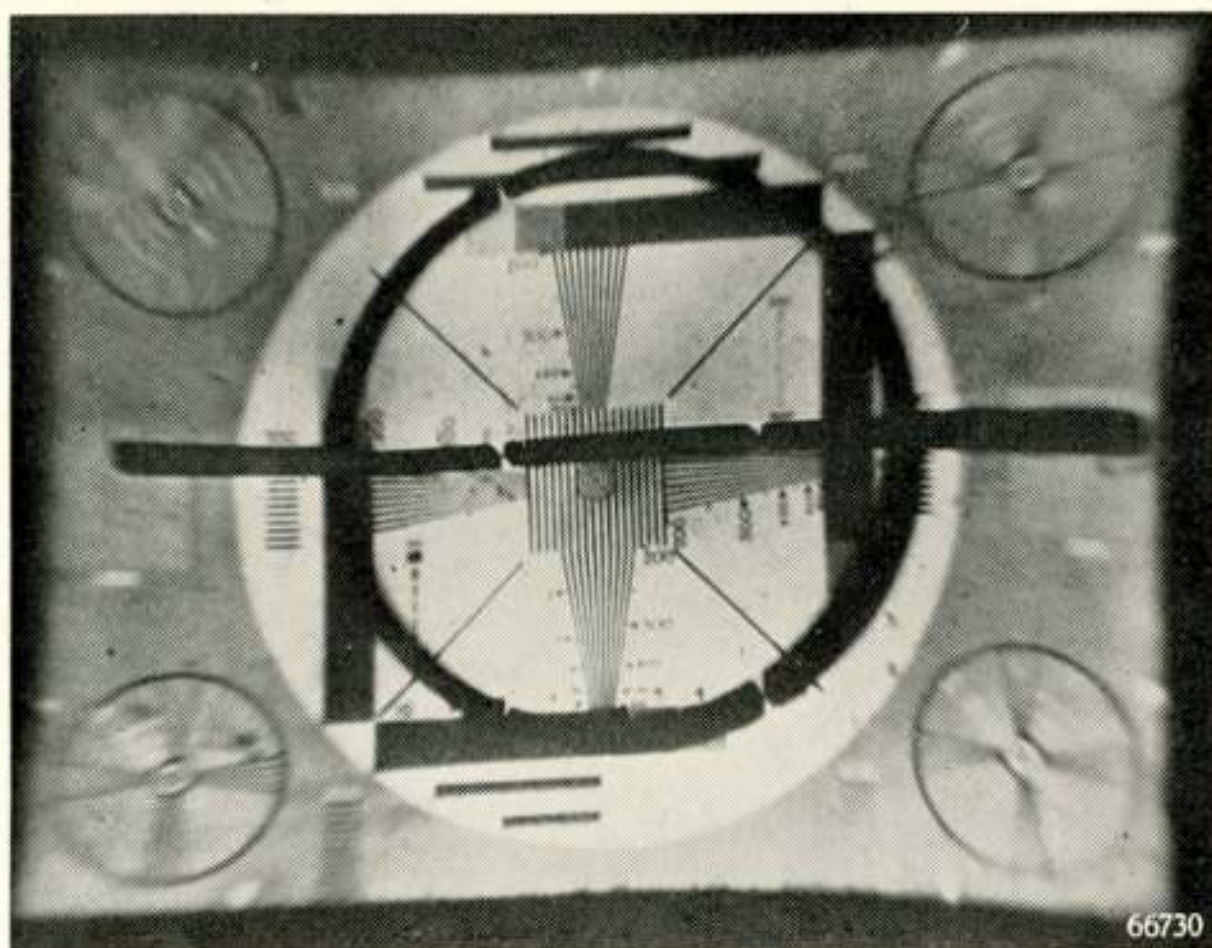


Fig. 6

Afbeelding, die in sterke mate beeldveldkromming, kussenvormige vertekening en *S*-distorsie vertoont.

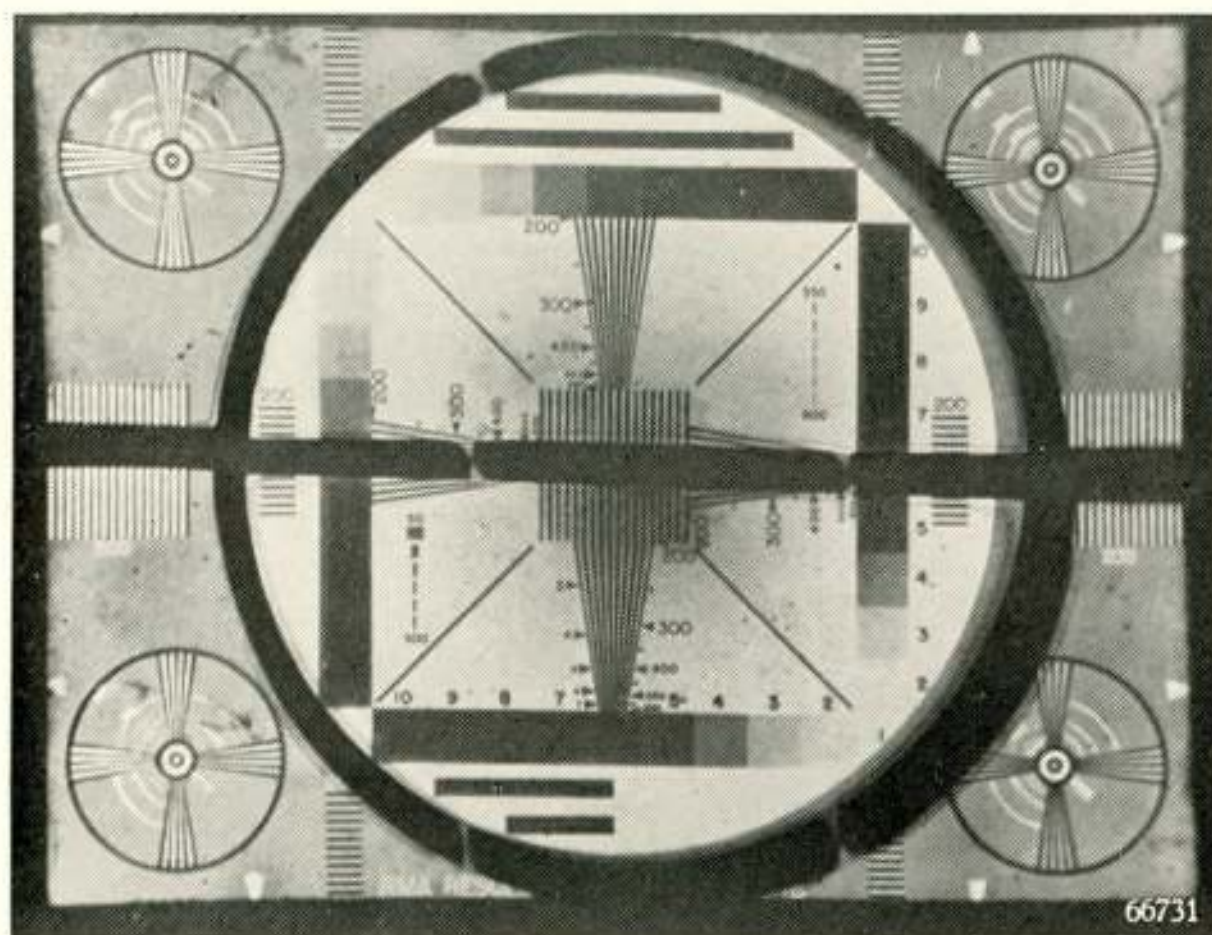


Fig. 7.

Afbeelding, die zeer geringe kussenvormige vertekeningen en *S*-distorsie vertoont.

De foto's van fig. 6 en 7 zijn genomen van een buis, die dezelfde dimensies heeft als de beeldiconoscoop, doch waarin de trefplaat vervangen is door een fluorescerend scherm. De dikke zwarte streep en cirkel zijn afkomstig van een op de fotokathode aangebrachte figuur, met behulp waarvan de vergroting en de draaiing van de afbeelding te bepalen zijn.



De eerste is bekend uit de lichtoptiek en is een gevolg van het feit, dat het beeld in de hoeken meer vergroot wordt dan in het midden.

Wat de *S*-distorsie betreft, deze hangt samen met de draaiing van het beeld t.o.v. het voorwerp. De afbeelding door een magnetische lens gaat nl. altijd gepaard met een rotatie. Dit is een gevolg van het feit, dat de Lorentzkracht altijd loodrecht staat op de bewegingsrichting van het electron. Later zal hier nog iets verder op in worden gegaan.

Men zal nu kunnen begrijpen, hoe de *S*-distorsie kan ontstaan. Draait een punt van het beeld ver van de as nl. meer dan een punt, dat dicht bij de as is gelegen, dan wordt een rechte lijn afgebeeld als een *S*-vormige kromme (fig. 5).

Het resultaat van een beeld, dat zowel beeldveldkromming, kussenvormige vertekening als *S*-distorsie vertoont, toont fig. 6.

Het is gebleken, dat de beeldveldkromming gering kan worden gemaakt, door er voor te zorgen, dat de magnetische krachtlijnen nagenoeg loodrecht op de kathode staan. Het is duidelijk, dat dan de werking van het magneetveld — die op de langzame electronen nabij de kathode het meest effectief is — in dit geval aan het gehele gebruikte kathode-oppervlak van dezelfde aard en ongeveer even sterk is.

De kathode moet dus een eindje *in* de spoel worden geplaatst. Kussenvormige vertekening en *S*-distorsie kunnen voldoende klein gehouden worden, door een niet te groot gedeelte van de fotokathode te gebruiken. Op het ogenblik gebruikt men een gedeelte met een diameter van 20 mm. Fig. 7 toont, hoe de afbeelding is, indien met al deze voorwaarden rekening wordt gehouden.

De *S*-distorsie die nog juist in het beeld te zien is, kan echter toch nog storend werken, vooral bij het draaien van de camera om een verticale as. Men past daarom een elektrische correctie toe. In principe is de werking hiervan als volgt.

Op de beeldzaagtand wordt een sinus met de lijnfrequentie gesuperponeerd, waarvan de fase instelbaar is. Elke lijn is dan i.p.v. een rechte een flauwe sinus en deze kromme heeft nagenoeg hetzelfde verloop als een door de *S*-distorsie vertekende rechte.

Als laatste afbeeldingsfout treedt nog op de zg. *ruitvertekening*. Deze is niet te wijten aan de electronenoptische afbeelding, doch hangt er wel mee samen. Het magnetische veld van de afbeeldingsspoel is nl. nog enigszins merkbaar in de ruimte, waardoorheen de aftastende bundel zich beweegt. Deze bundel

snijdt de magnetische krachtlijnen van de afbeeldingsspoel bijna loodrecht en de mate, waarin er tengevolge daarvan afbuiging optreedt, is ernstiger voor de bovenzijde van de trefplaat dan voor de onderste. Het rechthoekige raster wordt dan ten naaste bij een parallelogram. Dit effect is te corrigeren door een klein spoeltje aan te brengen tussen de afbeeldingsspoel en de plaats, waar het electronenkanon is aangebracht. Met dit spoeltje is het strooiveld van de afbeeldingsspoel te compenseren.

Variabele vergroting.

Tot slot zullen we nog een mogelijkheid behandelen, die alleen aanwezig is in de beeldiconoscoop, n.l. de *continu regelbare vergroting* van het televisiebeeld.

Dit is een mogelijkheid, die in de praktijk van veel nut kan zijn. Men kan nl. continu van een „long-shot” op een „close-up” overgaan, zonder dat men met de camera behoeft te rijden.

In principe kan men de regelbare vergroting bereiken, door de amplitude van lijn- en beeldzaagtanden te verkleinen. Door deze regelingen te koppelen kan men het gewenste resultaat bereiken. Deze methode heeft echter twee nadelen. In de eerste plaats verliest men belangrijk aan definitie. Deze wordt zoals we gezien hebben, bepaald door de spot van de aftastende bundel en deze is niet veel kleiner te maken. In de tweede plaats treedt er een zeer ongewenst effect op: op de trefplaat treedt een inbrandverschijnsel op, wat duidelijk te zien is wanneer men van een „kleine” aftasting weer op de normale overgaat.

Tenslotte kan men nog gebruik maken van een zg. optische „zoomlens”. Dit is een samengesteld lenzensysteem, waarvan de brandpuntsafstand continu veranderd kan worden met behoud van de scherpstelling. Zoomlenzen zijn echter erg lang, zwaar en zeer kostbaar.

Een betere oplossing is, de vergroting van de electronenoptische afbeelding te variëren. Weliswaar neemt bij toenemende vergroting het gebruikte gedeelte van de fotokathode af, met een daarmee gepaard gaand verlies aan oplossend vermogen en gevoeligheid. Het eerste nadeel weegt niet zwaar, omdat het oplossend vermogen van de afbeelding ruim voldoende is, zelfs voor een tweemaal zo kleine fotokathode. Het verlies aan gevoeligheid kan gecompenseerd worden door een opvoeren van de versterking van het signaal.

Om in te zien, hoe een regeling van de vergroting mogelijk moet zijn, zullen we het mechanisme van de afbeelding wat nader bezien.

De electronenbundeltjes, die door punten van de kathode worden geëmitteerd, worden niet alleen elk voor zich gefocuseerd, doch bovendien in hun geheel door de electrostatische en magnetische velden afgebogen, zodanig dat het beeld vergroot is. Deze afbuiging is een gevolg van electrostatische en magnetische krachten. De eerste trachten de bundeltjes te divergeren, zoals reeds in het begin van de voordracht werd opgemerkt. De werking van de magnetische — Lorentz — krachten is gecompliceerder.

We kiezen de as van het gecombineerde electrostatische en magnetische veld tot de Z -as van een stelsel cylindercoördinaten, waarvan de oorsprong in de kathode wordt gelegd. De positieve Z -richting is de richting kathode-trefplaat. De stroom door de afbeeldingsspoel wordt zo gekozen, dat de richting van de inductievector aan de kathode die van de positieve Z -as is.

We beschouwen nu een electron, dat loodrecht uit de kathode treedt in een punt boven de Z -as. Daarop werkt aanvankelijk géén Lorentzkracht, want de magnetische veldlijnen staan loodrecht op de kathode. Het electron wordt door de electrostatische krachten versneld en van de as afgebogen. Nu gaat het magnetische inductielijnen snijden. Er gaat dan een *tangentiële gerichte* Lorentzkracht op werken, die het electron een tangentiële snelheid geeft, die in ons geval naar ons toe is gericht. Kijken we in de richting van de positieve Z -as, dan treedt er dus een rotatie naar rechts op. De tangentiële snelheidscomponent geeft, in combinatie met het magnetische veld, aanleiding tot een secundaire, *radiaal gerichte* Lorentzkracht, die het electron weer in de richting van de magnetische krachtlijnen wil drijven. Het zal dus, al draaiende, ongeveer het verloop van deze krachtlijnen willen aannemen. Deze gaan na enige tijd echter sterk divergeren. De hoek, die de snelheidsvector van het electron nu met de magnetische inductievector maakt, keert van teken om, de tangentiële Lorentzkracht dus eveneens. Het gevolg is, dat de rotatiesnelheid afneemt en tenslotte zelfs van richting omkeert, dus naar links gericht is. Maar dan is de secundaire, radiaal gerichte Lorentzkracht van de as *af* gericht en drijft het electron dus naar buiten. Ook nu weer heeft het de neiging, de richting van de inductielijnen aan te nemen.

We kunnen dus in het algemeen zeggen, dat de electronenbundeltjes de neiging hebben, langs de magnetische inductielijnen te gaan lopen. Dit is echter slechts mogelijk, indien er tevens een rotatie optreedt. Tenslotte resulteert er een netto draaiingshoek tussen beeld en voorwerp (fig. 8).

Uit het voorgaande is het duidelijk, dat de vergroting verandert, indien we de lengte van het magneetveld veranderen, en wel neemt de vergroting af, naarmate het magneetveld langer wordt.

We kunnen dit demonstreren met behulp van een spoel, die uit twee secties bestaat (fig. 9).

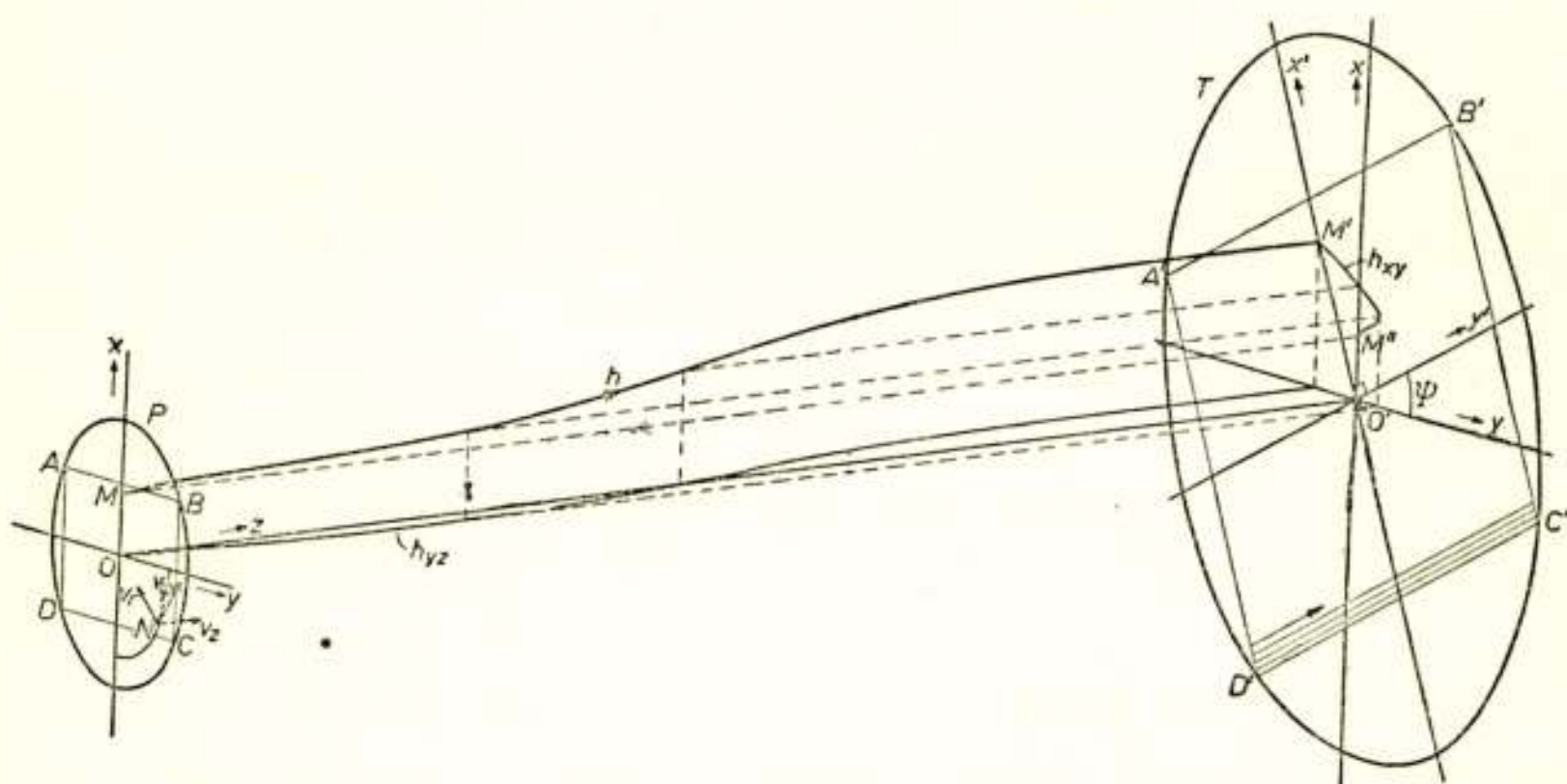


Fig. 8.

Schematisch verloop van een electronenbundeltje. h is de as van het bundeltje en tevens de baan, die wordt gevolgd door een bij M met snelheid nul uitgetreden foto-electron, dat bij M' de trefplaat bereikt. M'' is de projectie van M op T , h_{xy} de projectie van h op T en h_{yz} de projectie van h op het yz -vlak. Bij N zijn de drie componenten V_r , V_φ en V_z getekend van de snelheid van een electron dat met een zekere snelheid wordt geëmitteerd.

Het potentiaalbeeld op de trefplaat is over een hoek ψ gedraaid ten opzichte van het beeld op de fotokathode. $A'B'C'D'$ is het gedeelte van de trefplaat dat wordt afgetast (een paar lijnen zijn er op weergegeven), $ABCD$ het corresponderende gedeelte op de fotokathode.

We bekrachtigen eerst alleen de eerste sectie (a), die aan de kathodezijde is gelegen. De tweede sectie is kortgesloten. We hebben nu een kort magneetveld, dus een grote vergroting.

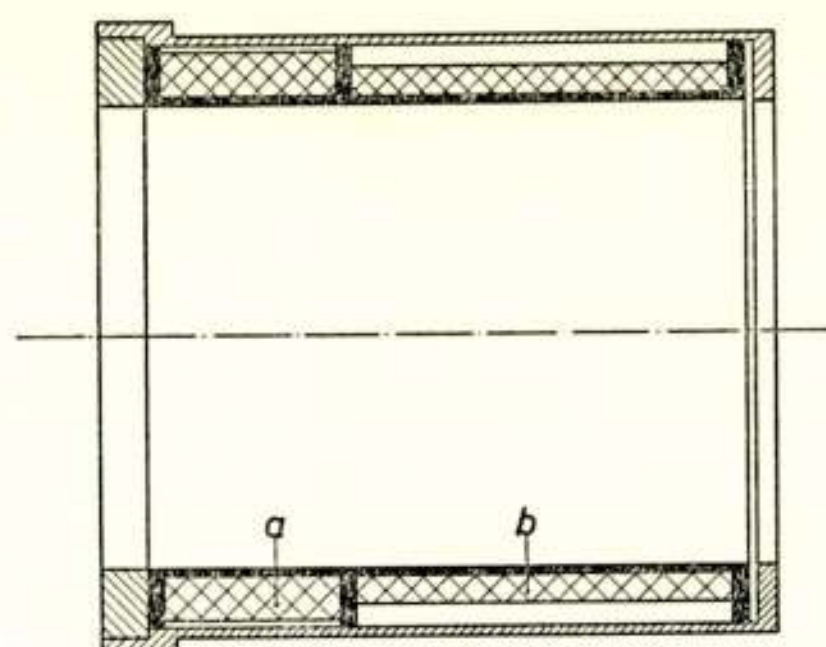
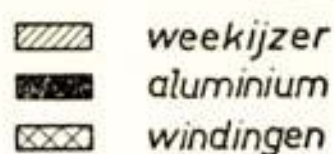
*Dubbele spoel*

Fig. 9.

Uit twee secties bestaande spoel. De buis bevindt zich in de spoel, zodanig dat de fotokathode zich ongeveer 1 cm in de spoel bevindt en de sectie *a* aan de zijde van de fotokathode ligt. Wordt alleen sectie *a* bekrachtigd, dan is de vergroting maximaal, wordt sectie *b* eveneens bekrachtigd, (waarbij de stroom door *a* moet afnemen om een scherpe afbeelding te behouden), dan neemt de vergroting af. Hierbij verandert echter de beelddraaiing.

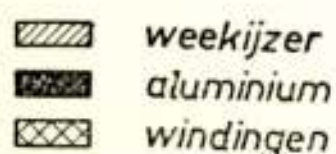
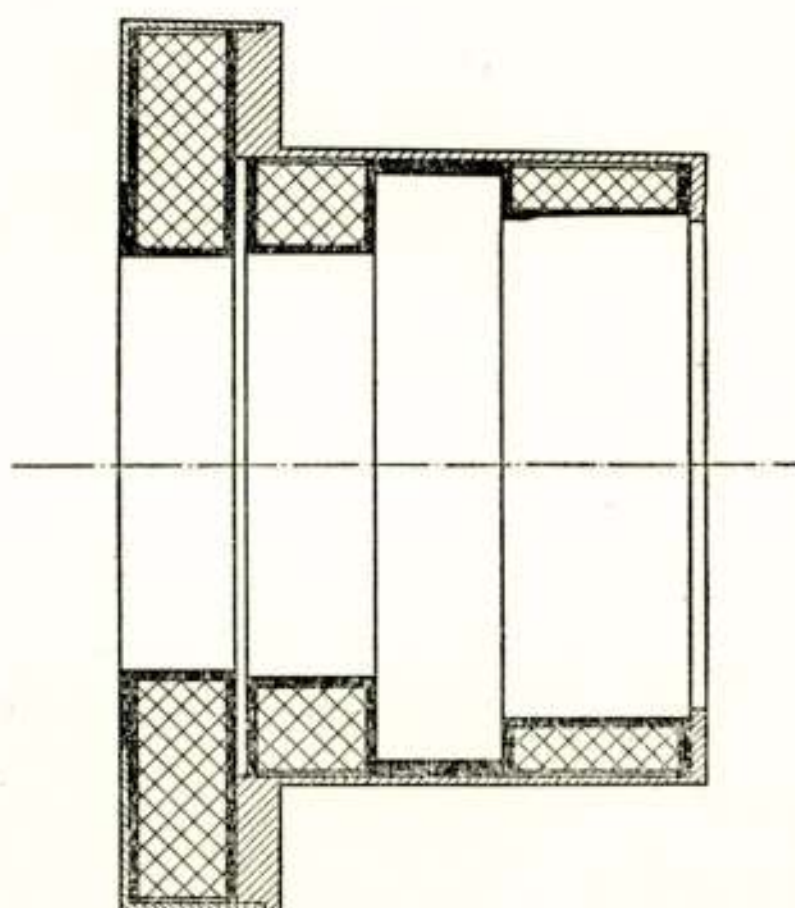
*Spoelensysteem voor continue vergrotingsregeling*

Fig. 10.

Dit spoelensysteem heeft drie secties. Door de bekrachtigingsstromen van deze secties tegelijkertijd op een bepaalde manier te variëren, kan de vergroting lineair over het gebied van 1 : 2 continu worden gevarieerd, zonder dat de beelddraaiing verandert.

Nu bekrachtigen we de tweede sectie (*b*), maar moeten, om een scherp beeld te behouden, de stroom in de eerste sectie verkleinen. De vergroting neemt af. Zo kunnen we dus steeds kleinere vergrotingen realiseren. Het blijkt echter, dat de netto beelddraaiïng mee verandert. Dit is een ongewenst effect. Men zou de buis mee moeten draaien, om een rechtopstaand beeld te behouden.

Het is mogelijk gebleken, de extra beelddraaiïng te corrigeren, door nog een *derde* sectie aan de twee vorigen toe te voegen (fig. 10). Het zou te ver voeren om in te gaan op de reden, waarom de beelddraaiïng op deze wijze te corrigeren is. Algemeen gezegd hebben we om scherpte, vergroting en beelddraaiïng te regelen, drie onafhankelijke variabelen *nodig*. Dat dit *voldoende* is, heeft het experiment uitgewezen.

De stromen door de drie secties worden geregeld door potentiometers, die op één as zijn gemonteerd, zodat de vergrotingsvariatie met behulp van één knop kan geschieden. De vergroting wordt hier met een factor 2 continu veranderd, waarbij de diameter van het gebruikte gedeelte van de fotokathode van 10 mm op 20 mm wordt gebracht.

Discussie

Ir H. de Lange: Hoe moet men zich de laag, welke door diffusie van het barium door de wolfraampastille hierop wordt gevormd, voorstellen, als een gas of een vaste stof?

Ir J. C. Francken: De mono-atomaire laag wordt gevormd door aan het oppervlak geadsorbeerde atomen. Deze dampen wel voortdurend van het oppervlak af, doch worden van binnenuit weer aangevuld.



In memoriam Prof. Jhr Dr G. J. Elias¹⁾

Sedert onze laatste bijeenkomst is overleden ons erelid Prof. Jhr Dr G. J. Elias. Zijn plotseling heengaan heeft alom een diepe indruk gemaakt. Nauwelijks een jaar geleden herdachten wij het feit, dat Prof. Elias het ambt van hoogleraar aan de Technische Hogeschool neerlegde. Zeker zullen niet velen van degenen, die hem toen de hand drukten, vermoed hebben, dat dit afscheid zo spoedig gevolgd zou worden door een afscheid voor goed.

In dit gezelschap is het onnodig te zeggen, dat Prof. Elias een groot geleerde was en een beminlijk mens. Allen, die met hem te maken hebben gehad, weten zulks. Ter gelegenheid van het reeds genoemde afscheid van de Technische Hogeschool heeft het Nederlands Radiogenootschap een „Gedenknummer” van het Tijdschrift aan Prof. Elias gewijd, waarin zowel het werk, als ook de persoon van ons erelid, vrij volledig geschetst zijn. Ik kan daaraan dan ook niet veel toevoegen. Wel zou ik hier graag enige opmerkingen willen maken, die in verband staan met de verhouding van Prof. Elias tot ons Genootschap.

Prof. Elias ontkende zelf steeds, dat hij tot de oprichters van het Nederlands Radiogenootschap gerekend moest worden: volgens hem waren dit n.l. de initiatiefnemers, waartoe hij zelf inderdaad niet behoorde. Hij was echter onze eerste voorzitter en vervulde dit voorzitterschap zeven achtereenvolgende jaren.

Dit tijdperk kenmerkte zich door werkzaamheid zowel op wetenschappelijk als op organisatorisch gebied. Van zijn wetenschappelijke werkzaamheid in deze tijd leggen een aantal belangrijke publicaties in ons Tijdschrift *) getuigenis af. Wat de organisatorische bemoeienissen betreft, wordt eraan herinnerd, dat tijdens zijn voorzitterschap o.a. de samenwerking met de U.R.S.I. tot stand kwam, en dat het Nederlands Radiogenootschap werd aangewezen de Nederlandse nationale afdeling van dit lichaam te formeren.

Als dank voor al hetgeen Prof. Elias tijdens zijn voorzitterschap voor het Nederlands Radiogenootschap deed, werd hij bij zijn aftreden in 1927 tot erelid benoemd.

De werkzaamheid van Prof. Elias voor ons Genootschap werd door dit aftreden echter geenszins beëindigd. Integendeel, in de loop der jaren hield hij vele voordrachten, terwijl hij tevens een groot aantal publicaties in ons Tijdschrift deed verschijnen, **) sommige geschreven in samenwerking met leerlingen. Dit gebeurde ook zelfs nog nadat hij in Delft afscheid genomen had.

Dat Prof. Elias vrijwel steeds de resultaten van zijn onderzoek in ons Tijdschrift publiceerde, stemt tot grote dankbaarheid. Hij heeft hierdoor en door zijn uitstekende voordrachten, ook na het neerleggen van het voorzitterschap, zijn stempel op ons Genootschap gedrukt.

Nederland verliest in Prof. Elias een geleerde van internationale vermaardheid en in het bijzonder voor het Nederlands Radiogenootschap is dit verlies een reden tot diepe droefheid. Laat ons echter niet alleen treuren: wij hebben ook alle reden dankbaar te zijn, dat deze mens in ons midden geleefd heeft. Hij laat geen kinderen na, maar heeft daarentegen een uitgebreide geestelijke nakomelingschap. Immers door zijn onderwijs aan de Technische Hogeschool en door zijn theoretisch en practisch onderzoekingswerk op radio-gebied, heeft

¹⁾ Rede uitgesproken door de voorzitter van het Nederlands Radiogenootschap, Ir J. J. Vormer, in de vergadering van 11 Sept. 1951.

Prof. Elias velen geïnspireerd en een groep mensen gevormd, bezielde met dezelfde geestdrift en gekenmerkt door dezelfde streng wetenschappelijke opvattingen, die ook hem eigen waren. Deze zetten het werk, dat door hem op diverse gebieden begonnen is, met vrucht voort.

Is er voor een wetenschappelijk onderzoeker een schoner resultaat van zijn arbeid denkbaar?

- *) 1922 Het electromagnetisch veld van een zender.
- 1923 Enkele beschouwingen over de Heavisidelaag.
- 1923 Het electrostatisch veld van een triode.
- 1926 Over de voortplanting van electromagnetische trillingen.

- **) 1930 met van der Wyck: Reflectie van electromagnetische golven aan media met veranderlijke diëlectrische constante.
- 1930 Reflectie van electromagnetische golven aan media met veranderlijk geleidingsvermogen en diëlectrische constante.
- Jubileumnummer: Over metingen op radiogebied.
- 1931 Over reflectie van electromagnetische golven.
- 1932 met von Lindern: Reflectiemetingen op radiogebied.
- 1933 met von Lindern en de Vries: Metingen van de hoogte der Heavisidelaag.
- 1935 URSI doc. 5e Ass. Gen. „Rapport pour la commission de propagation des ondes”.
- 1935 met de Bruïne en Deurvorst: Reflectiehoogte van de ionosfeer.
- 1941 Het electromagnetisch veld van een oneindig langen cirkelvormig-cylindrischen stroomgeleider, evenwijdig aan een door een plat vlak begrensden geleider.
- 1946 met Miedema: Enige trillingsverschijnselen in een niet-lineair circuit.
- 1948 Over schakelingen met niet-lineaire karakteristiek.
- 1949 met Duinker: Enige theoretische beschouwingen en experimenten over trillingsverschijnselen in circuits met niet-lineaire elementen.
- 1950 met Duinker: Trillingsverschijnselen in een circuit met gebroken lineaire karakteristiek.
- 1950 met Duinker en Tan Soen Hong: Over de invloed van de inschakelhoek bij het opwekken van subharmonische trillingen in een niet-lineair circuit.

Octrooien

Openbaar gemaakt 16 Juli 1951.

- O.A. 129578. kl. 95i1b. N. V. Philips. Inrichting voor automatische afstemcorrectie van een generator ter handhaving van een bepaald frequentieverschil ten opzichte van een stuurtrilling, waarbij ongewenste stabiele werkpunten vermeden worden.
- O.A. 133207. kl. 95a5f. N.V. Philips. Schakeling voor het constant houden van de centrale frequentie van een F.M.generator met behulp van een frequentiedetector, waarbij voorkomen wordt dat ongewenste fluctuaties van de aan de modulatietrapp toegevoerde spanningen de frequentiedetector buiten zijn werkgebied sturen.
- O.A. 136064. kl. 95i1b. Bell Telephone. Verbetering aan een ontvanger met automatische afstemcorrectie, waarbij de regelspanning aan de locale generator wordt toegevoerd over een keten, die verbroken wordt als de tussenfrequente spanning beneden een bepaald minimum daalt, bijv. gedurende „fading”.
- O.A. 141002. kl. 95h5a4. Staatsbedrijf der P.T.T. Werkwijze voor het mechanisch aan elkaar verbinden van delen van een piëzo-electrisch element met behulp van een glassoort.
- O.A. 98239. kl. 21a⁵4a5. C. Lorenz A.G. Inrichting voor het opwekken van een hoge gelijkspanning, in het bijzonder de anodespanning voor electronenstraalbuizen voor televisiedoeleinden.
- O.A. 155094 en O.A. 155095. kl. 97ca1a1. H. M. Bayard en R. J. C. Roquet. Inrichting voor het aan de zenzijde corrigeren van de karakteristieke vervorming van telegraafsignalen.

He.

Boekbespreking

Handboek der Radiotechniek, samengesteld door Rens & Rens.
Deel VII: Meetapparaten en metingen. Prijs geb. f 28.—, 508 blz.
N.V. Uitgeversmaatschappij AE. E. Kluwer, Deventer.

Als derde aflevering is thans deel VII „Meetapparaten en Metingen” in deze serie verschenen. Van verschillende zijden werd dit deel met bijzondere belangstelling tegemoet gezien, niet alleen omdat de meettechniek voor de radiotechnicus van zeer groot belang is, maar vooral vanwege het feit, dat dit onderwerp in de Nederlandse literatuur nooit in zijn geheel werd behandeld. Dat een dergelijk boek in een lang gevoelde behoefte voorziet, behoeft mijns inziens dan ook niet nader te worden betuigd.

Ook bij dit deel zijn de samenstellers er in geslaagd van een 26-tal specialisten een bijdrage te verkrijgen. De inhoud kan men in twee delen splitsen, waarbij in het eerste deel de meetapparatuur en in het tweede deel de metingen worden behandeld. In het eerste deel vindt men achtereenvolgens zowel de instrumenten voor het meten van stromen, spanningen en vermogens, als de meer typische radiomeetapparatuur, zoals de oscillograaf, meetzender, buisvoltmeter en toongenerator. Dat de RC oscillator hierbij niet genoemd wordt is jammer, aangezien dit type toongenerator een zeer belangrijke rol vervult.

In het tweede gedeelte worden de metingen beschreven en wel allereerst de meer principiële, zoals het meten van stroom, spanning, impedantie, frequentie enz. Aparte hoofdstukken zijn gewijd aan het meten van de verschillende buisgrootheden, metingen aan ontvangers voor amplitude modulatie en ontvangers voor frequentie modulatie.

In een zeer praktisch georiënteerd hoofdstuk wordt het opsporen en verhelpen van fouten in ontvangers en versterkers besproken. Het hierbij toegepaste systeem, waarbij steeds de normaal voorkomende waarden van onderdelen en de versterking der verschillende trappen wordt gegeven, zal vooral de beginnende technicus veel houvast geven. Het meten van veldsterkten wordt in het laatste hoofdstuk behandeld.

Na een kritisch doorlezen van enige hoofdstukken komt men tot de conclusie, dat de uitgebreide materie degelijk en steeds verantwoord behandeld is. Het niveau komt overeen met de reeds verschenen delen van deze serie. Dit boek is zeer geschikt als studieboek, zowel voor degenen, die zich degelijk voor het examen radiotechnicus willen voorbereiden, als voor hen, die reeds praktisch werkzaam zijn en hun kennis op dit gebied wensen te verdiepen. Waar het radio-onderwijs juist op het gebied der metingen nog steeds met zoveel moeilijkheden te kampen heeft, kan dit boek zonder voorbehoud voor dit doel worden aanbevolen. Door het grote aantal praktische gegevens kan het tevens als naslagwerk dienen.

De uitvoering van het boek is keurig verzorgd en geheel gelijk aan die der reeds verschenen delen.

H. d. B.

Nieuw Lid

Ir D. van den Berg, ing. der T. & T., voorl.: HBS P.T.T. Kortenaerkade 12, Den Haag (oud-lid).

Voorgestelde leden

Ir E. W. Gröneveld, Marinekazerne, Laan Copes v. Cattenburch, Den Haag, werkzaam op Phys. Lab. RVO-TNO.

Ir W. Nijenhuis, Pluvierlaan 7, Eindhoven; Natuurk. Lab. Philips, Eindhoven.

Ir J. O. Wolthuis, Gen. Cronjéstraat 36, Eindhoven; Philips Gloeilampenfabriek, Eindhoven.

Ir A. E. Pannenburg, Antilopelaan 5, Eindhoven; Natuurk. Lab. Philips, Eindhoven.

Ir J. Dekker, v. Zuylen v. Nijveltstraat 365, Wassenaar; plv. lid octrooiraad.

E. J. v. Barneveld, Petrus Dondersstraat 38, Eindhoven; cand.-ir Philips (junior).

Drs P. Schagen, Gen. Cronjéstraat 28, Eindhoven; Natuurkundig Lab. Philips, Eindhoven.

Ir W. L. van der Poel, Woonschip „Charon”, Soestdijksekade t/o 832, Den Haag, ir der T. & T.

ltz. E. Ferwerda, Riouwstraat 84B, Den Haag, Marine Bureau T.E.T.

W. van Essen, dipl. ing., Lange Kerkdam 38, Wassenaar.

Ontvangen Tijdschriften enz.

Journal of the Franklin Institute, Aug. 1951.

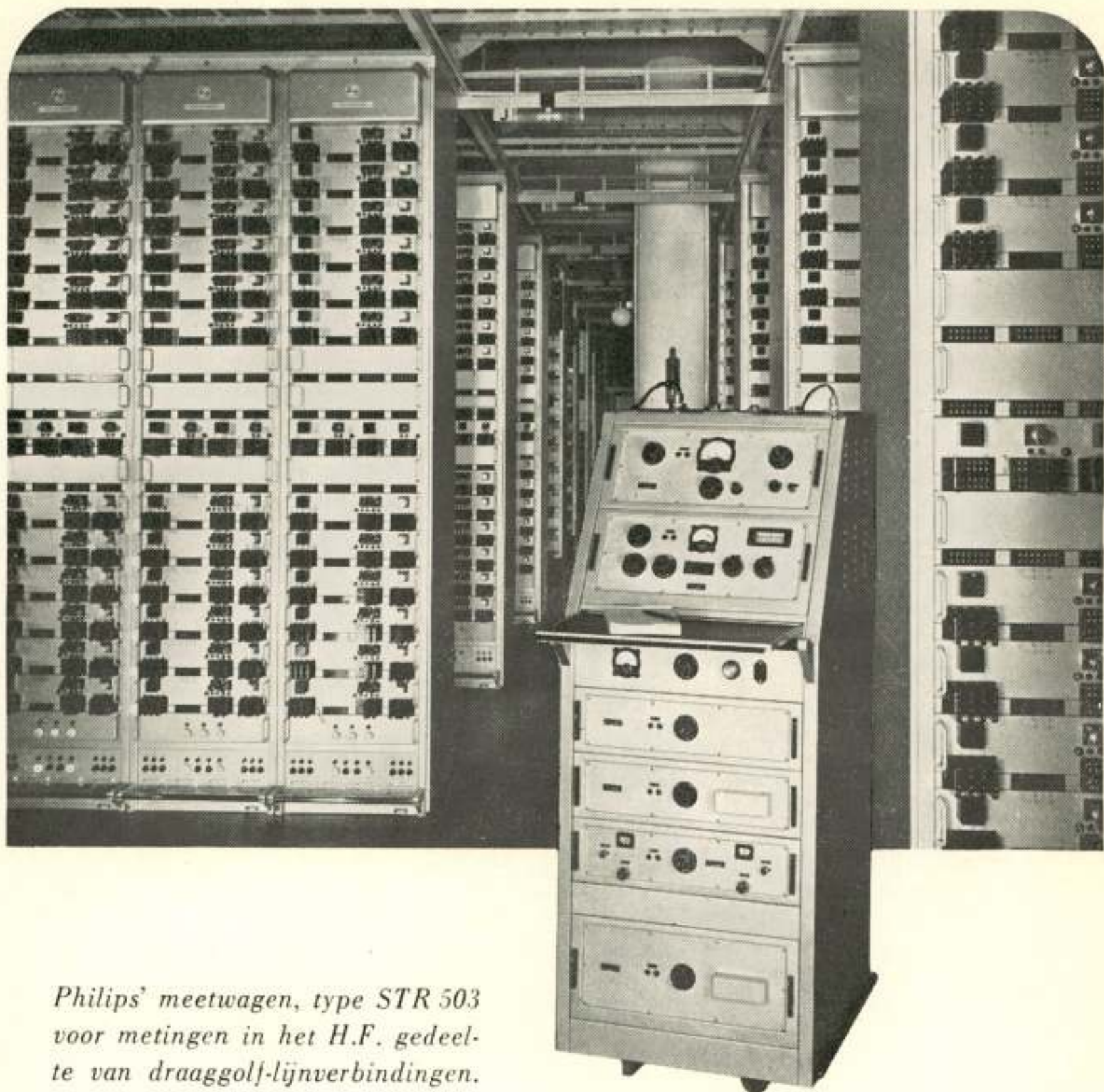
Wireless Engineer, Sept. 1951.

Nat. Bureau of Standards, Basic Radio Predictions for November 1951.

Radio Revue, Sept. 1951.

De Ingenieur, Jrg 62 Nrs 32—38.





*Philips' meetwagen, type STR 503
voor metingen in het H.F. gedeelte
van draaggolf-lijnverbindingen.*

Voor het verrichten van metingen in het H.F. gedeelte van draaggolf-lijnverbindingen werden door de N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie v/h N.S.F. speciale meetwagens ontworpen. Hiermede kunnen metingen worden verricht, terwijl het systeem in bedrijf is, dus zonder dat het telefoonverkeer wordt gestoord. De afmetingen van deze wagens zijn zodanig, dat zij gemakkelijk tussen de rek-rijen kunnen worden gereden.



N.V. PHILIPS' TELECOMMUNICATIE INDUSTRIE
v/h N.V. NEDERLANDSCHE SEINTOESTELLEN FABRIEK — HILVERSUM