

Schols

M. T. O.

KATODESTRAALBUIZEN

DEEL I

Ir. G.S.M. SCHRIJNEMAKERS

Kursus Elektronenbuizentechniek

KATODESTRAALBUIZEN I

Ir. G.S.M. Schrijnemakers

Uitgave 1965

I N H O U D

	Pagina
1.) Inleiding	2
2.) De Elektronenstraalindicatorbuis	4
3.) Decimale Telbuis E 1T	6
4.) De Katodestraaloscillograafbuis	8
4.1 Inleiding	
4.2 Opbouw en werking van het kanon	
4.3 Het afbuiggedeelte	
4.4 De naversnelling	
4.5 Het scherm	
4.6 Het oscillograferen	
4.7 Toepassingen	
4.8 Speciale oscillograafbuizen	
5.) Inleiding tot de Televisie	15
6.) De direktsichtbeeldbuis voor zwart - wit Televisie I	18
6.1 Inleiding	
6.2 Het begrip Helderheid	
6.3 Het begrip Kontrast	
6.4 Het instellen van helderheid en contrast	
7.) Het Elektronenkanon	25
7.1 Inleiding	
7.2 De beweging van elektronen in elektrostatische velden	
7.3 Het Triodegedeelte	
7.4 De stuurkarakteristiek	
7.5 Bundelvorming in de katodelens	
7.6 Het triode - tetrode en pentodekanon	
8.) Fokussering	43
8.1 Magnetische fokussering	
8.2 Elektrostatische fokussering	
9.) Afbuiging	49
9.1 Inleiding	
9.2 De elektrostatische afbuiging	
9.3 Magnetische afbuiging	
9.3.1 Theoretische beschouwingen	
9.3.2 Konstruktie van deflektiespoelen	
10.) De direktsichtbeeldbuis voor zwart - wit Televisie II	59
10.1 De AW 43-80 90° beeldbuis	
10.2 De A 47-11 W inplosievaste 110° beeldbuis	
10.2.1 Vergelijking met de AW 43-80	
10.2.2 Implosievaste ballonkonstruktie	
11.) Het meten van oscillograafbuizen en zwart - wit T.V. buizen (Inleiding tot het practisch werk)	65
11.1 Algemeen	
11.2 De gasmeting	
11.3 De meting van de spotdiameter	
11.3.1 Meetapparatuur	
11.3.2 Toepassingen	

1. Inleiding.

De katodestraalbuizen (K.S.B.) vormen slechts een klein gedeelte van de grote familie van de elektronenbuizen. De plaats die zij hierin innemen blijkt het beste door het gehele spectrum van de electromagnetische golven eens nader te beschouwen, zie fig. 1. Dit spectrum kan in twee gebieden worden verdeeld (I en II). Het eerste gebied (I) omvat electromagnetische golven tot frekwenties van ongeveer 10 GHz ($1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$) en daarin komen we achtereenvolgens de volgende toepassingen tegen:

50 Hz voor energievoorziening, tot $\approx 30 \text{ kHz}$ de z.g. laagfrequent trillingen voor geluidsreproductie (o.a. telefonie) en tenslotte de radio, televisie, straalverbindingen en radar.

In het tweede gebied (II) komen we golven tegen met een dualistisch karakter. Dit wil zeggen dat bij verschillende verschijnselen meer het golfkarakter naar voren komt en bij andere meer het corpusculair karakter waarbij men liever van straling spreekt.

Deze golven worden meestal aangeduid door hun golflengte i.p.v. hun frekwentie. In fig. 1 is als eenheid van golflengte de Ångström gekozen, $1 \text{ Å} = 10^{-10}$ meter. Gebied II begint bij de infrarood straling, gevolgd door het voor ons oog zichtbare licht met golflengtes van $\approx 8000-4000 \text{ Å}$, het ultraviolet, het röntgengebied en tenslotte het gebied der kosmische stralen.

Men kan nu de verschillende soorten elektronenbuizen in verband brengen met de verschillende gebieden van het spectrum; zie fig. 1. Allereerst is er een groep buizen (A) waaraan men energie uit Gebied I toevoert en die ook weer energie in ditzelfde gebied afgeven, al dan niet veranderd in frekwentie. Voor de groep D geldt hetzelfde in Gebied II. De groep buizen B zet energie om vanuit Gebied I naar Gebied II; groep C doet juist het omgekeerde.

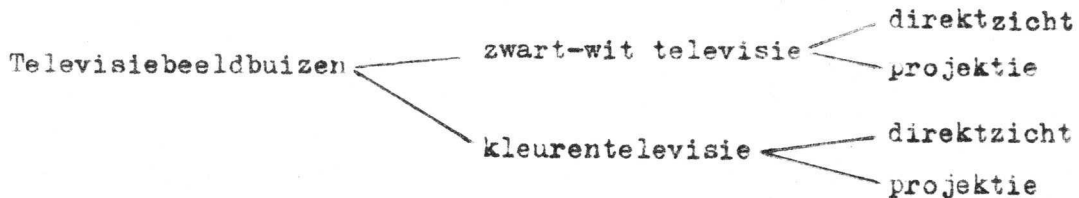
Het is nu gemakkelijk in te zien dat de katodestraalbuizen thuishoren in groep B, samen met röntgenbuizen, T.L. buizen, neonbuizen etc., terwijl b.v. de opneembuizen voor Televisie in groep C passen.

In de familie der K.S.B. komen we nu de volgende buizen tegen:

Elektronenstraalindicatorbuis.

Decimale telbuis.

Katodestraal-oscillograafbuis.



Direktzicht Radarbuis

Lichtstipaftasterbuis (flying spot scanner)

Elektronenmikroskoop.

Al deze buizen verschillen van elkaar in uiterlijk zowel als in opbouw, doch hebben veelal dit gemeen dat ze zichtbaar licht uitstralen uit een luminescentiescherm, wanneer dit scherm door elektronen wordt gebombardeerd. Hierbij dragen de elektronen hun kinetische energie over op de atomen van het schermmateriaal, die deze energie omzetten in zichtbaar licht. Alle K.S.B. bestaan daarom uit een hoogvacuumgepompte ballon met een doorzichtig kijkscherm, aan de binnenzijde bedekt met een luminescentielaag. Elke K.S.B. heeft een elektronenkanon waarin uit een thermisch emitterende katode elektronen worden vrijgemaakt, geregeld en vervolgens versneld. Bij verreweg de meeste types heeft dit kanon tevens tot taak de elektronenbundel te fokuseren in een scherpe punt op het scherm. De stroomsterkte en de snelheid van de elektronen bepalen de helderheid van het beeld. Regeling van de helderheid gebeurt door het regelen van de stroomsterkte op een soortgelijke manier als in een triode versterkbuis; nl. met een regelelektrode, die een negatieve potentiaal heeft t.o.v. de katode. Vaak is het bovendien nog zo dat de elektronenbundel na het verlaten van het kanon nog op een bepaalde wijze van richting verandert onder invloed van een elektrostatisch of magnetisch veld.

Met uitzondering van de elektronenmikroskoop zullen de genoemde katodestraalbuizen nu worden besproken waarbij nader op hun opbouw, werking en toepassing zal worden ingegaan. Speciale aandacht zal voorts besteed worden aan de werking en opbouw van het elektronenkanon.

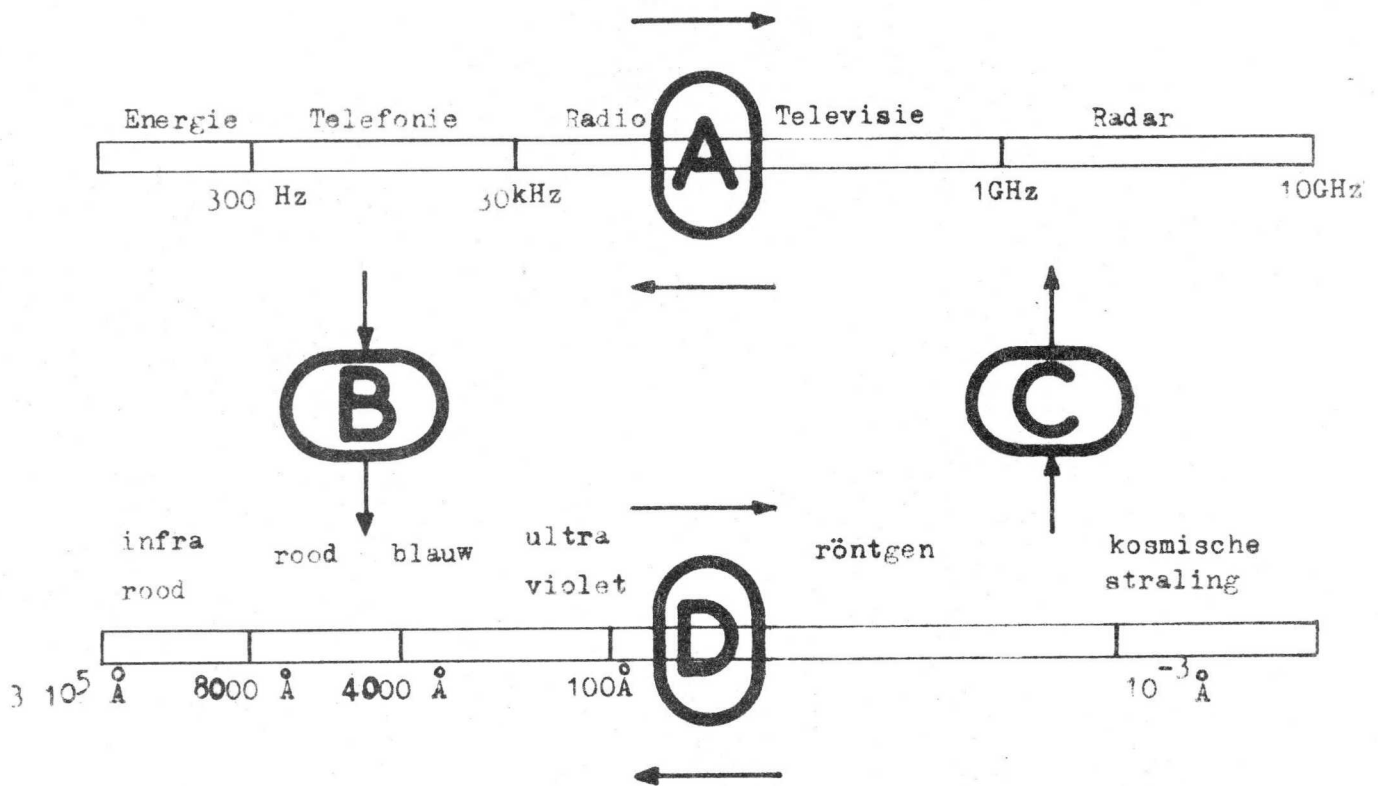


FIG. 1

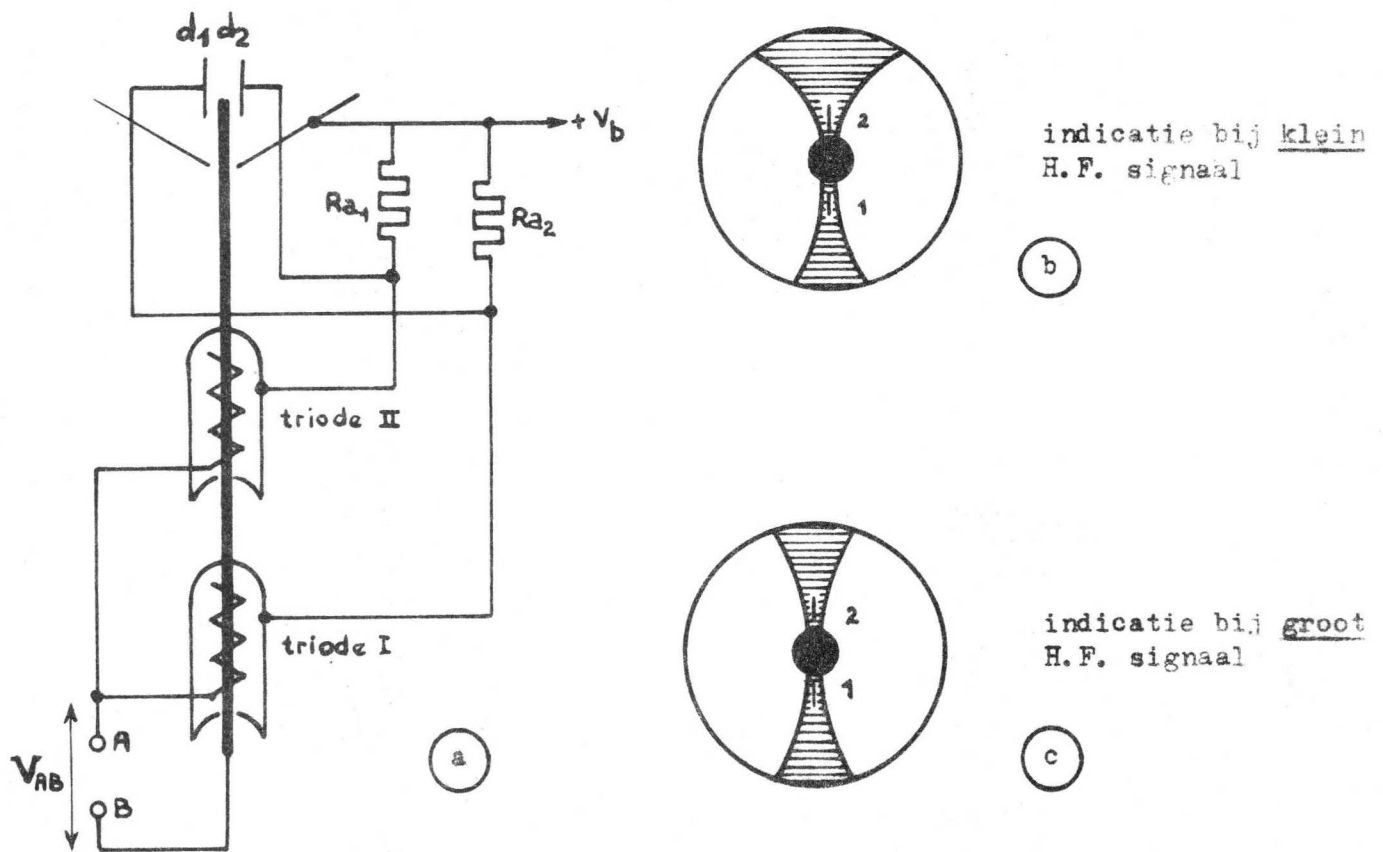


FIG. 2

2. Elektronenstraalindicatorbuis.

Deze buis, ook wel magisch oog of afstem-oog genoemd, wordt in bijna elk radio-apparaat toegepast om een juiste afstemming van de gewenste zender te bewerkstelligen. Als voorbeeld zal het EM34 systeem nader worden verklaard; zie fig. 2.

Centraal in de buis bevindt zich een lange indirect verhitte katode. Deze katode is de emissiebron van twee trioden en één diode, die boven elkaar zijn gemonteerd.

De diode heeft als anode een konische elektrode, het scherm, bedekt met luminescerend materiaal, dat oplicht zodra er elektronen op terecht komen. Bovendien zijn er in deze diode twee afbuigplaatjes d_1 en d_2 aangebracht, die zijn verbonden met de anoden van de beide triodes.

Tussen de punten A en B wordt nu een negatieve gelijkspanning gelegd, afkomstig van de detektieweerstand. Hoe verder de ontvanger uit afstemming geraakt, des te minder negatief worden de twee trioden van de indicator ingesteld.

Het gevolg is dan een toenemende anodestroom en dus een dalende anodespanning. De spanning van de beide afbuigplaatjes d_1 en d_2 daalt dus ook met als gevolg dat de elektronen die zich van het bovenste gedeelte van de katode in de richting van het scherm bewegen, sterker worden afgebogen. Direkt tegenover de plaatjes d_1 en d_2 kunnen zelfs helemaal geen elektronen meer het scherm bereiken en daar ter plaatse ontstaan dan ook grote schaduwvlekken (gearceerd aangegeven in fig. 2b)

Hoe zwakker het HF signaal, des te kleiner V_{AB} wordt en des te verder breiden de donkere plaatsen op het scherm zich uit.

Nu is het zo dat het rooster van triode II een grotere spoed heeft dan het rooster van triode I en dus ook een grotere roosterruimte. Dit betekent dat de anodestroom van triode II pas klein kan worden bij een grote negatieve V_{AB} ($R_{a1} = R_{a2}$). Het beeld op het scherm komt nu overeen met fig. 2c.

Wanneer we dus op een sterke draaggolf afstemmen dan zien we eerst het onderste schaduw gedeelte dichtgaan (het z.g. gevoelige gedeelte). Dichter bij juiste afstemming begint triode II ook stroomloos te worden en gaat ook het bovenste schaduw gedeelte dicht. Wanneer de schaduwbaan het smalst is, is de juiste afstemming bereikt.

Bij afstemmen op een zwak signaal werkt het bovenste gedeelte niet en stemmen we dus alleen af op het onderste gedeelte.

We hebben hier dus kennis gemaakt met een zeer eenvoudige katodestraalbuis, met een elektronenkanon van zeer eenvoudige opbouw (diode), zonder fokuserende werking en met elektrostatische afbuiging.

Andere uitvoeringsvormen van een afstemoog zijn:

EM 80 met 2 deflektieplaatjes.	}	z.g. "badkuip"uitvoering.
EM 81 met 1 deflektieplaatje.		
EM 84 met 1 deflektieplaatje.		

3. Decimale Telbuis E 1 T.

De traagheid van elektromechanische tellers, waarmee elektrische impulsen geteld kunnen worden vormt een beperking voor de toepassing in systemen waar duizenden impulsen per seconde geteld moeten worden.

Het gemak waarmee een elektronenbundel in een katodestraalbuis kan worden afgebogen heeft geleid tot de nu te bespreken decimale telbuis waarmee meer dan 30.000 impulsen per seconde kunnen worden geteld. De telbuis bevat een elektronenkanon dat een lintvormige elektronenbundel van 1 mA levert bij een eindanodespanning van 300 Volt.

Een afbuiginrichting zorgt er voor dat de bundel 10 diskrete standen kan innemen. In elk van deze standen valt de bundel door een sleuf en treft een fluorescerende laag die op de ballonwand is aangebracht; er ontstaat daar ter plaatse een lichtvlekje en het erbij geplaatste cijfer geeft aan door welke van de tien sleuven de bundel valt. Uitgaande van de stand nul doet elke impuls de bundel één sleuf opschuiven, om bij de tiende impuls terug naar nul te slaan en tegelijkertijd een impuls af te geven naar een tweede telbuis, die dan van de stand nul in de stand een komt. Deze tweede buis telt dus de tientallen. Een derde buis kan men e.v. de honderdtallen laten tellen enz. In fig.3.1 is een horizontale doorsnede van de buis getekend. Het elektronenkanon bestaat uit een katode k, stuurrooster g1, een viertal staafvormige fokusseerelektrodes (p_1 , p_2) en een versnellingsanode g2.

De geometrie van dit kanon is zodanig dat een lintvormige elektronenbundel ontstaat, die vervolgens tussen twee afbuigplaten D en D'loopt.

Bij bepaalde grootten van de afbuiging valt de bundel door een van de tien verticale sleuven in de z.g. sleufelektrode g4. Van de elektronen die de sleuf passeren valt een gedeelte op de anode a2 en de rest door deze anode heen op de fluorescerende wand l.

We onderscheiden verder in fig.3.1 nog g3 en g5; dit zijn remroosters die tot taak hebben het terugwerpen van secundaire elektronen die door g4 resp. a2 worden geëmitteerd. Ze hebben een gelijke spoed, liggen in evenwijdige horizontale vlakken en worden op nul-potentiaal gebracht.

Voor de werking van de buis verwijzen we verder naar fig. 3.2 .

De potentiaal van de afbuigplaat D is V_D . De plaat D' is met de anode a_2 verbonden en via R_a op de batterijspanning V_B aangesloten, zodat $V_a = V_{D'} = V_B - I_p R_a$, waarbij $R_a = \text{ctg} \alpha$ (zie fig.3.3). Voor elke waarde van I_p is $V_{D'} - V_D$ konstant, zodat de elektronenbundel een bepaalde konstante positie zal innemen.

Om nu de bundel meerdere standen te laten innemen laat men i_a variëren volgens een golflijn I om de rechte II, zie fig. 3.4 .

Golflijn I wordt door de rechte II 19 maal gesneden. Alleen in de van 0 tot 9 genummerde punten wordt een stabiele evenwichtstoestand bereikt. In elke stand moet i_a dus een andere waarde bereiken. Dit wordt gerealiseerd door de sleuven in g_4 verschillend van doorsnede te maken, zodat gaande van de stand 0 naar de stand 9 deze doorsnede toeneemt. De toestanden 0 t/m 9 komen nu tot stand door een positieve puls aan D toe te voeren, waarbij de bundel even naar D wordt afgebogen en dus door een grotere sleuf in g_4 valt. Hierdoor neemt i_a toe en is een nieuwe evenwichtstoestand bereikt. Wordt bij toestand 9 een volgende puls aan D toegevoerd, dan komt de elektronenbundel geheel terecht op de terugslaganode a_1 . De hierdoor in een met a_1 verbonden uitwendig circuit ontstane negatieve impuls wordt dan aan g_1 toegevoerd. De anodestroom wordt hierdoor tijdelijk geblokkeerd, $V_{D'}$ stijgt en we komen weer in de toestand 0 terecht.

Is deze toestand bereikt dan is er weer een positieve puls op D nodig om de bundel van stand 0 in stand 1 te brengen enz.

De voornoemde negatieve puls wordt behalve aan g_1 ook via een geschikt circuit toegevoerd aan een volgende telbuis voor het tellen van de tientallen enz.

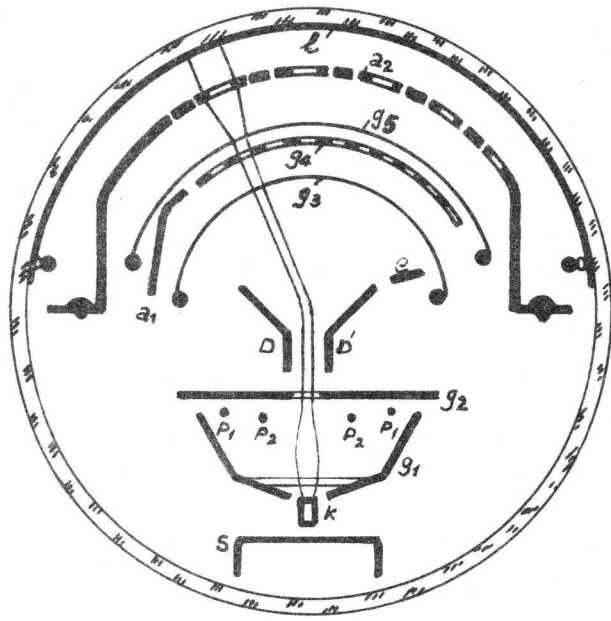


Fig. 3.1

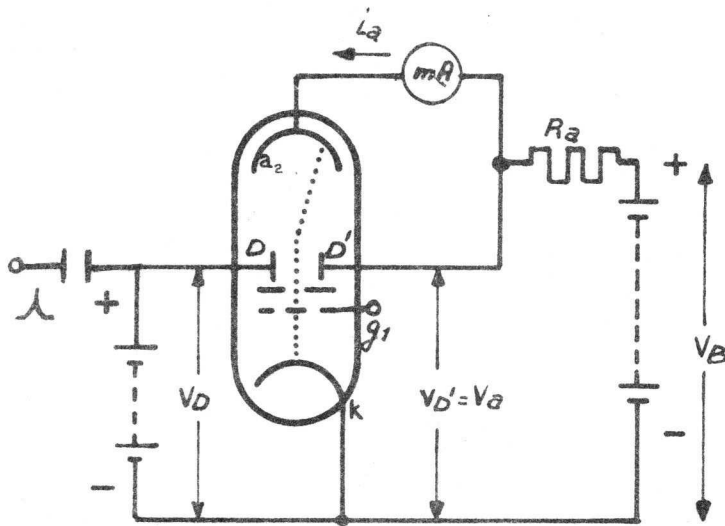


Fig. 3.2

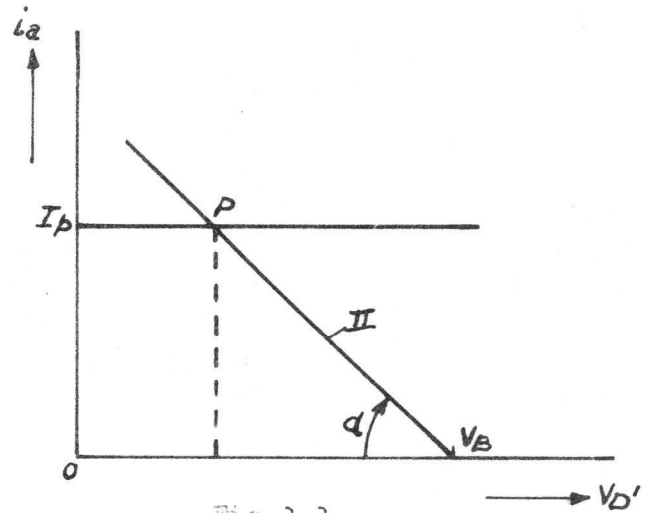


Fig. 3.3

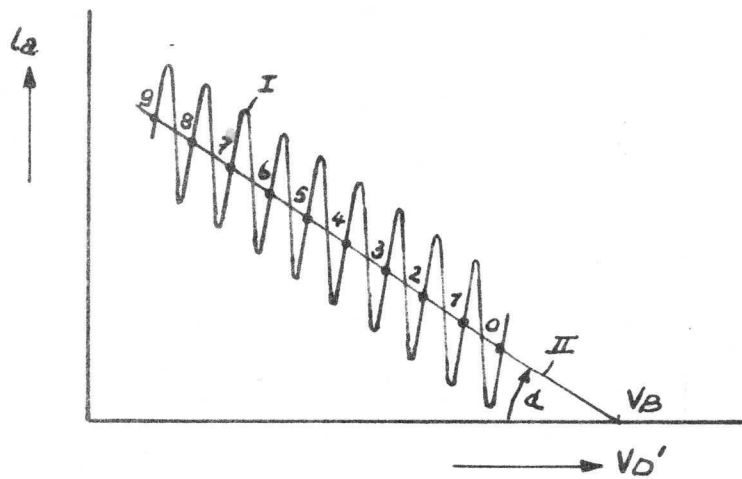


Fig. 3.4

4. De katodestraal-oscillograafbuis.

4.1 Inleiding.

Een oscillograaf is een meetinstrument waarmee het mogelijk is het functionele verband tussen twee met de tijd variërende grootheden op te tekenen, wat men ook wel oscillograferen noemt. Vaak is de ene grootheid de tijd zelf.

De mechanische uitvoeringen van zo'n oscillograaf, zoals de bekende penrecorders of x-y recorders, hebben een grote traagheidswerking zodat hun toepassing beperkt is tot verschijnselen met een frequentie van hoogstens enkele honderden Hertz.

Bij de katodestraal-oscillograaf (of elektronenstraaloscillograaf) kan men echter tot veel hogere frequenties komen omdat de elektronenbeweging traagheidsloos geschied tot frekwenties van ongeveer 100 MHz.

Hierboven gaat de elektronenlooptijd een niet meer te verwaarlozen rol spelen en moeten zeer speciale voorzieningen worden getroffen om verschijnselen van nog hogere frekwentie te kunnen vastleggen.

4.2 Opbouw en werking van het kanon.

Hoe is nu zo'n oscillograafbuis, die in een oscillograaf de taak van de penrecorder overneemt, opgebouwd. We verwijzen naar fig.4.1. In deze afbeelding is de ballon van de oscillograafbuis opengesneden om de werkelijke gedaante van de elektroden beter te laten zien. Ook is in deze figuur de vorm van de elektronenbundel, zij het sterk vergroot, aangegeven. De indirect verhitte katode (zie 3) emitteert thermisch elektronen, die aangetrokken worden door het positieve tweede rooster (zie 5). Het eerste rooster g1 (zie 4) regelt de stroomsterkte, rooster 3 (zie 6) is de fokusanode en rooster 4 (zie 7) is de eindanode van het kanon.

De spanning van deze eindanode is voor de verschillende types verschillend, meestal echter niet hoger dan 3000 Volt.

Verder zien we dat in de g2 en g4 nog een diafragma is geplaatst. Dit is gedaan om de randstralen van de bundel te onderscheppen en de bundeldiameter te begrenzen.

Men bereikt met dit diafragmeren een kleinere lichtstip (spot) op het scherm. Nu is de intensiteit van deze randstralen lang niet zo groot als de intensiteit van de stralen die dicht bij de as lopen.

De betere spot die door diafragmeren te bereiken is weegt daarom ruimschoots op tegen het nadeel dat minder elektronen het scherm bereiken.

De begrensde bundeldiameter is mede van het allergrootste belang om de afbuigfouten van het afbuigstelsel binnen redelijke grenzen te houden; deze afbuigfouten nemen nl. snel toe indien de bundeldiameter toeneemt. In een volgende paragraaf zal nader op de werking van het elektronenkanon worden ingegaan.

4.3 Het afbuiggedeelte.

Na het verlaten van het kanon doorlopen de elektronen op hun weg naar het scherm een ruimte waar zij door twee paar afbuigplaten kunnen worden afgebogen; achtereenvolgens een paar voor de verticale afbuiging en een paar voor de horizontale afbuiging.

Deze afbuiging vindt plaats onder invloed van een electrostatisch veld tussen de twee afbuigplaten dat ontstaat zodra er tussen deze platen een spanning wordt aangelegd.

Nu geldt voor deze afbuiging de volgende formule, waarop we in een volgende paragraaf nog nader op zullen ingaan:

$$\operatorname{tg} \alpha = C \frac{V_p}{V_a} \dots \dots \dots 4.3.1$$

- waarin: α = hoek waarover de elektronenbundel wordt afgebogen.
 C = constante.
 V_p = afbuigspanning tussen de platen.
 V_a = versnellingsspanning.

Deze versnellingsspanning is gelijk aan de spanning van de eindanode van het kanon (zie 7 in fig.4.1) t.o.v. de katode.

Uit deze formule volgt dus dat de afbuiging op het scherm lineair afhankelijk is van de afbuigspanning V_p en omgekeerd evenredig is met de versnellingsspanning V_a , wat dus betekent dat voor een grote afbuiggevoeligheid V_a laag moet zijn.

In fig.4.1 zien we bij 8 de z.g. verticale afbuigplaten, die dus voor de verticale afbuiging zorgen (platen zelf zijn horizontaal gemonteerd) en bij 10 de z.g. horizontale afbuigplaten (platen zelf zijn vertikaal gemonteerd).

Verder bevindt zich bij 9 een plaat die als afscherming dient tussen de beide paren afbuigplaten om onderlinge beïnvloeding te voorkomen.

In fig.4.1 is verder nog te zien dat de binnenzijde van de ballon vanaf de eindanode tot aan de ring 13 bedekt is met een geleidende laag die zich op dezelfde potentiaal bevindt als de eindanode van het kanon.

4.4 De naversnelling.

Uit formule 4.3.1 volgt dat de afbuigspanning welke nodig is om een oscillograafbuis uit te sturen evenredig met de versnellingsspanning V_a toeneemt.

Men wil natuurlijk met het oog op de grootte van de afbuigversterkers de afbuigspanning zo klein mogelijk houden; aan de andere kant echter wil men een zo hoog mogelijke versnellingsspanning hebben omdat daardoor de helderheid en de scherpte van de elektronenspot op het scherm toeneemt.

Ook is het bezwaarlijk een hoge schermhelderheid te bereiken door zeer veel elektronen het scherm te laten treffen (een hoge straalstroom dus) omdat een scherpe elektronenspot dan moeilijk is te realiseren.

Een aantrekkelijke oplossing heeft men gevonden in het principe van de na-versnelling, waarbij men de afbuiging en de definitieve versnelling van de elektronen scheidt.

De eindanode van het kanon wordt hierbij op een spanning van 1 à 3 kV aangesloten waardoor een hoge afbuiggevoeligheid verkregen wordt. Eerst nadat de elektronenbundel het afbuigstelsel heeft doorlopen verkrijgen de elektronen een hogere snelheid. Dit wordt bereikt door een of meerdere extra elektroden aan te brengen tussen het afbuigstelsel en het scherm. Zo bestaat deze elektrode in fig.4.1 uit een op de binnenwand van de ballon aangebrachte geleidende laag, vanaf ring 13 tot aan het scherm, waar deze laag doorverbonden is met de aluminiumlaag die over de fosforlaag heen is aangebracht. Genoemde laag is m.b.v. een zijcontact in de ballonwand aan de uiteindelijke versnellingspanning aangesloten (zie 12 in fig.4.1).

Ring 13 in fig.4.1 bestaat uit halfgeleidend materiaal om sproeien te voorkomen.

De naversnelling heeft echter ook nadelen. Het naversnellingsveld, gevormd door de beide geleidende lagen op de ballonwand, gescheiden door ring 13, konvergeert de bundel iets.

De elektronen lopen dus na het verlaten van de afbuigplaten niet recht door onder een hoek α met de buisas (zie formule 4.3.1), maar worden iets naar de as teruggebogen. Men verliest dus weer iets van de aanvankelijk gewonnen afbuiggevoeligheid.

Een tweede zeer ernstig nadeel is dat de versnellende lens die het naversnellingsveld vormt, praktisch helemaal met elektronen gevuld wordt waardoor ernstige lensfouten optreden.

Hierdoor is de afbuiging niet meer lineair afhankelijk van de afbuigspanning V_p ; er ontstaat dus rastervertekening. Een bijdrage tot deze rastervertekening levert ook het doorgrijpen van het naversnellingsveld in het afbuigveld van de horizontale afbuigplaten.

Deze fouten nemen toe naarmate men een grotere naversnellingsfaktor kiest (naversnellingsfaktor = $\frac{\text{schermspanning}}{\text{eindanodespanning}}$).

Bij de konfiguratie van fig.4.1 is deze naversnellingsfaktor daarom beperkt tot ongeveer 2. Men kan verder komen door nog meer naversnellingsringen toe te passen met steeds oplopende potentiaal.

De modernste uitvoering hiervan is de buis met gesignaliseerde naversnelling. Aan de binnenkant van de konus is bij deze buis een spiraal met zeer veel windingen van zeer slecht geleidend materiaal aangebracht ($R \geq 300 \text{ M } \Omega$), die aan de ene zijde verbonden is met de eindanodespanning, aan de andere zijde met de aluminiumlaag van het scherm, en via een zijkontakt uitgevoerd is.

Het resultaat van deze gelijkmatig oplopende potentiaal is bij een naversnellingsfaktor van 6 nog een raster zonder vertekening, waarbij men soms tot schermspanningen van 20 kV gaat. Een naversnellingsfaktor 8 bij een schermspanning van 24 kV komt zelfs ook wel voor.

4.5 Het scherm.

Over het scherm van dit type buizen kan worden opgemerkt dat de z.g. nalichttijd voor de diverse types zeer verschillend is. Onder nalichttijd verstaat men de tijd na onderdrukking van de straalstroom waarin de helderheid tot beneden 0,1 % van de oorspronkelijke waarde is gedaald. De tegenwoordig toegepaste nalichttijden variëren van 20 m sec. tot 80 sec., afhankelijk van het toepassingsgebied.

Wat de kleur van het scherm betreft, deze is vrijwel altijd groen en wel omdat het menselijk oog voor deze kleur het meest gevoelig is.

De verdere chemische aspecten van het scherm, zoals de werking van de fosforen, de methodes van aanbrengen van de diverse lagen zullen worden besproken in de cursus Chemie van de K.S.B.

4.6 Het oscillograferen.

We zullen nu eens nagaan hoe het oscillograferen in zijn werk gaat.

Stel we willen een sinusvormig met de tijd verlopende spanning op het scherm zichtbaar maken waarbij de horizontale as de tijd is.

Hiertoe sluit men de horizontale afbuigplaten aan een spanning aan die evenredig met de tijd aangroeit tot een zekere maximale waarde bereikt is en daarna zeer snel tot de beginwaarde terugvalt, waarna het gehele proces zich weer herhaalt. Men noemt een dergelijke spanning een zaagtandspanning, zie fig.4.2

Op het tijdstip t_0 is de spanning maximaal negatief ($-V_4$), op t_1 is de spanning $-V_3$ enz. Op het moment t_8 is de spanning maximaal positief ($+V_4$). Daarna wordt de spanning zeer snel maximaal negatief, en op t_9 is de spanning gelijk aan die op t_0 .

Deze zaagtandspanning wordt aangesloten aan de horizontale afbuigplaten, zodanig dat op t_0 plaat D_2' maximaal negatief is t.o.v. plaat D_2 .

De elektronenbundel treft het scherm in P. Wordt D_2' minder negatief t.o.v. D_2 en vervolgens zelfs positief, dan treft de bundel het scherm in punten op de lijn P O Q

In Q aangekomen (op t_8) keert de bundel met grote snelheid naar P terug waarna de cyclus zich herhaalt.

Sluit men nu de te oscillograferen spanning, in ons voorbeeld een sinusvormige spanning, aan tussen de beide verticale afbuigplaten D_1 en D_1' dan zal de elektronenbundel op elk tijdstip een verticale afbuiging krijgen die evenredig is met de momentele waarde van deze sinus.

Onder de gekombineerde invloed van beide spanningen beschrijft de bundel op het scherm dan een sinus, zie fig.4.3

Na een cyclus keert de bundel snel naar zijn uitgangspunt terug (z.g. terugslag) en "schrijft" daarna dezelfde kurve nogmaals enz. Tijdens de terugslag wordt de elektronenbundel onderdrukt, zodat van dit "terugslaan" op het scherm niets te zien is.

Het is duidelijk dat alleen dan elke volgende kurve precies over de vorige heenvalt indien de frekwentie van de zaagtandspanning precies gelijk is aan of een geheel aantal malen kleiner is dan de signaalfrekwentie (in ons voorbeeld de sinusfrekwentie). Is aan deze voorwaarde voldaan dan staat het beeld op het scherm stil en spreekt men van synchronisatie.

4.7 Toepassingen.

De toepassing van de katodestraaloscillograaf als meetinstrument is niet beperkt tot de registratie van elektrische verschijnselen doch wordt overal toegepast bij wetenschappelijke onderzoeken en industriële processen. Voorwaarde is alleen dat van het te registreren verschijnsel een met dit verschijnsel evenredige elektrische spanning wordt opgewekt.

Dit gebeurt door een z.g. transducer (= omzetter) zoals bijv. een microfoon waarmee mechanische trillingen omgezet kunnen worden in elektrische spanningen. Ook kunnen eenmalig optredende verschijnselen worden geregistreerd, die men meestal met een op het scherm geplaatste kamera fotografeert. Enkele toepassingsmogelijkheden zijn hieronder vermeld.