

- onship between periodontal disease of the wearing of partial dentures. Aust Dent J 8:206.
21. Siebert, G. (1980): Longitudinalstudie zur Teilprothese. ZWR 89 (7): 33.
22. Spray, J. R., Garnick, J. J., Doles, L. R., Klawitter, J. J. (1978): Microscopic demonstration of the position of periodontal probes. J Periodontol 49: 148.
23. Tomlin, H. R., Osborne, J. (1961): Cobalt-chromium partial dentures: A clinical survey. Br Dent J 10: 307.
24. Velden, U. v.d. (1980): Influence of periodontal health on probing depth and bleeding tendency. J Clin Periodontol 7: 129.
25. Weiskopf, J. (1977): Zur Sicherung des Therapieerfolges bei der gegossenen abnehmbaren Teilprothese. Stomatol DDR 27: 594.
26. Wetherell, J. D., Smales, R. J. (1980): Partial denture failures: A long-term clinical survey. J of Dent 8: 333.

Maart 1981.

Philips van Leydenlaan 25,  
6500 HB Nijmegen.

## EEN FOTODIODE ALS RÖNTGENDETECTOR

J. A. VAN LUIJK

*Uit de vakgroep Tandheelkundige Röntgenologie van de rijksuniversiteit te Utrecht.  
Voorzitter: Prof. J. van Aken*

*Trefwoorden: Röntgenologie – Röntgendetector*

Röntgenopnamen zijn een nuttig diagnostisch hulpmiddel om inwendige structuren in beeld te brengen die onzichtbaar zijn. Een controle op de werking van röntgenapparaten is echter niet eenvoudig. Röntgenstraling is niet direct waar te nemen, maar vereist hulpmiddelen. Een film is in de tandheelkunde het meest gebruikte middel. Zilverbromide in de filmemulsie wordt onder invloed van röntgenstraling omgezet in zilver, dat als zwarting van de film wordt waargenomen. De mate van zwarting van de film hangt samen met de hoeveelheid en de kwaliteit van de röntgenstralen. De mate van zwarting is echter, behalve van de hoeveelheid en kwaliteit van de röntgenstraling, mede afhankelijk van variabelen in de donkere kamertechniek. Daarom geeft men voor nauwkeurige metingen de voorkeur aan meetapparatuur. Behalve een ionisatiekamer, die al sedert de ontdekking van röntgenstraling is gebruikt, wordt de laatste decennia ook wel de gevoeligheid van halfgeleiders benut (Campbell et al., 1979; Parker, 1969).

Ionisaties in de halfgeleidende laag veroorzaken een klein ladingstransport dat kan worden verstrekt en omgezet in een meetbare diodespanning. Speciaal een zeer kleine, lichtgevoelige halfgeleider, een zogenaamde foto-

diode, lijkt voor toepassingen in de tandheelkundige röntgenologie bijzonder geschikt. Deze is echter voor zover bekend, niet eerder toegepast. Om een halfgeleider in de praktijk te proberen, werd een uit voorraad leverbare Si-PIN-fotodiode in een lichtdichte behuizing geplaatst en een eenvoudige versterker gebouwd. Verschillende types voldoen uitstekend.

In dit artikel zijn metingen beschreven met behulp van het type BPW 34 van Siemens. Het instrument, afgebeeld in afbeelding 1, blijkt, behalve de geringe afmetingen, een aantal interessante fysische eigenschappen te hebben. Bij bestraling ontstaat een diodespanning, die evenredig blijkt te zijn met de intensiteit van de röntgenstraling. IJking tegen een standaard ionisatiekamer leert dat de diodespanning evenredig is met de exposiesnelheid<sup>\*)</sup> van de röntgenstraling over een gebied van stralenkwaliteiten zoals geproduceerd bij 50 tot 100 kV.

De diodespanning kan zichtbaar worden gemaakt op het scherm van een

### Samenvatting:

Een fotodiode kan worden gebruikt om röntgenstraling te detecteren. Met behulp van een eenvoudige versterker en een geheugen-oscilloscoop kan het verloop van de intensiteit van röntgenstraling met de tijd zichtbaar worden gemaakt. Door de geringe afmetingen van een fotodiode kan deze röntgendetector intra-oraal worden gebruikt, bijvoorbeeld voor een belichtingsauto-maat.

oscilloscoop. In afbeelding 2 is een foto van het oscilloscoopscherm geproduceerd waarop langs de verticale as de intensiteit van de röntgenbundel<sup>\*)</sup> is weergegeven en langs de horizontale as de tijd is uitgezet. Te zien is dat de intensiteit van de bundel bij de ene helft van een periode van de netspanning toeneemt van nul tot de maximale waarde en vervolgens weer afneemt tot nul. In de andere helft van de netspanningsperiode worden er geen röntgenstralen geproduceerd. Kennelijk hebben we hier te maken met een zogenaamde half-fase gelijkgerichte hoogspanningsvoeding. Dit type voeding wordt doorgaans toegepast in tandheelkundige röntgenapparaten. Het valt op, dat de 'aan'-en 'uit'-tijden niet even lang zijn. Om dit te kunnen inzien, moeten we kort ingaan op de werking van de röntgenbuis. Als de buis in werking is, wordt de netspanning getransformeerd tot een wis-

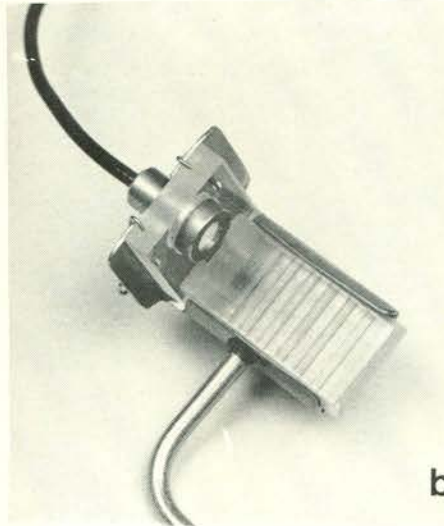
<sup>\*)</sup> De exposiesnelheid is de toename van de exposie per tijdseenheid. De exposie is een maat voor de hoeveelheid ionisaties die door de röntgenbundel wordt teweeggebracht per massa-eenheid lucht.

<sup>\*)</sup> De intensiteit van de röntgenbundel, uitgedrukt in relatieve eenheden, is evenredig met de exposiesnelheid. In de afbeeldingen 2-6 wordt deze grootte kortweg aangeduid met 'intensiteit'.





Afb. 1. Fotodiode (a) in een licht-dichte behuizing (Ø 10 mm) en (b) gemonteerd in een instel-apparaat (model Utrecht/Van Aken).

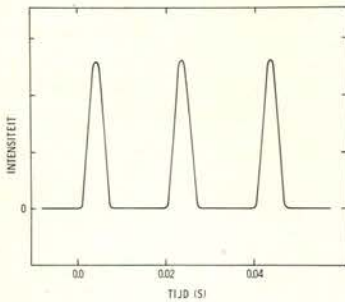


b

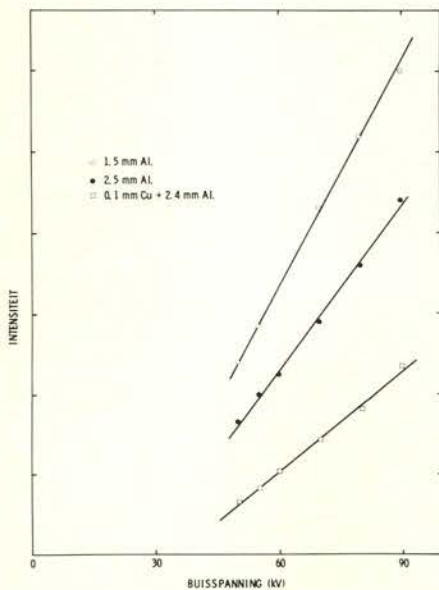
mogen leveren. De eerste vijf pulsen, geproduceerd gedurende 0,1 sec., hebben een aanzienlijk lagere intensiteit ten opzichte van de volgende pulsen en zijn bovendien van een zachtere kwaliteit. Dit betekent dat voor de zeer korte belichtingstijden de geproduceerde hoeveelheid straling per tijdseenheid een aanzienlijke variatie vertoont. Dit heeft bijvoorbeeld tot gevolg dat de totale hoeveelheid röntgenstraling, of preciezer de exposie, die bij een enkele belichtingstijd van 0,4 seconde ontstaat, veel groter is dan de exposie ten gevolge van een viervoudige belichting van 0,1 seconde.

Voor schedelfoto's wordt vaak een röntgenbuis met een draai-anode gebruikt in combinatie met een 3-fase-generator (Van der Plaats, 1978). De buisspanning varieert hier niet van nul tot de maximale spanning, maar mag eerder worden beschouwd als een gelijkspanning met kleine variaties.

In afbeelding 5 is de invloed van deze variaties op de intensiteit van de röntgenbundel te zien. Doordat de buisspanning niet telkens van nul tot de maximale waarde varieert, is de gemiddelde buisspanning praktisch ge-



Afb. 2. Intensiteitsverloop van een röntgenbundel met de tijd voor een éénfase-apparaat. De stralingsloze periode is kleiner dan de stralende periode.

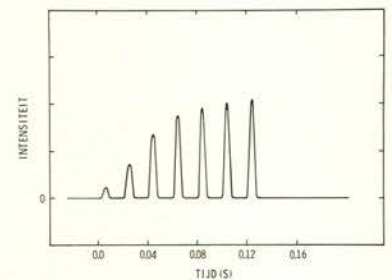


Afb. 3. Intensiteit van de röntgenbundel als functie van de maximale buisspanning voor een éénfase-apparaat met (a) inherente filtering 1,5 mm Al, (b) 1 mm Al toegevoegd en (c) 0,1 mm Cu + 1 mm Al toegevoegd.

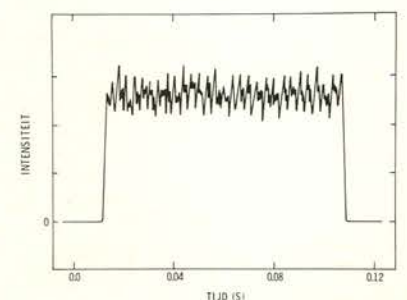
selende hoogspanning, die aan de kathode en anode wordt toegevoerd en röntgenstraling voortbrengt. Deze hoogspanning doorloopt alle waarden tussen nul volt en het maximaal ingestelde kilovoltage en keert vervolgens terug tot nul volt. De röntgenbundel heeft zijn grootste intensiteit als de kathode-anodespanning zijn maximale waarde heeft.

Zoals we kunnen aflezen in afbeelding 3 neemt de produktie van röntgenstralen zeer snel met de buisspanning af. Dit wordt mede veroorzaakt door de inherente filtering van 1,5 mm aluminium, die vooral de laagenergetische röntgenstraling verzwakt. Voor 15 en 20 kV mono-energetische straling bedraagt deze verzwakking respectievelijk 96% en 75%. Daarom verwachten we voor een buisspanning lager dan ongeveer 30 kV een verwaarloosbare hoeveelheid röntgenstraling. De buis begint pas meetbare hoeveelheden röntgenstraling te produceren nadat de buisspanning het traject van nul tot 30 kV heeft doorlopen. Om dezelfde reden houdt de produktie van röntgenstraling al op voordat de buisspanning tot nul volt is gedaald. Vandaar dat de periode waarin straling wordt geproduceerd korter is dan die waarin geen straling ontstaat (zie afbeelding 2).

Een ander interessant verschijnsel toont afbeelding 4. Sommige röntgenapparaten komen kennelijk wat traag op gang, voordat ze hun maximale ver-

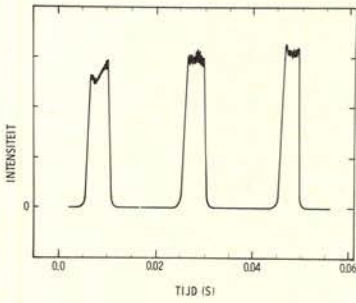


Afb. 4. Intensiteitsverloop van een röntgenbundel van een éénfase-apparaat, dat kennelijk langzaam op gang komt.



Afb. 5. Intensiteitsverloop van een röntgenbundel met de tijd voor een 3-fase draai-anode röntgenapparaat.





Afb. 6. Intensiteitsverloop van een röntgenbundel met de tijd voor een apparaat dat een ongeveer blokvorm-achtige hoogspanning genereert.

lijk aan de maximale spanning. De stralenkwaliteit is daardoor harder dan die van een één-fase-machine werkend bij dezelfde maximale buisspanning.

In afbeelding 6 is een blokvormachtige variatie te zien van de intensiteit met de tijd van een röntgenapparaat dat een één-fase-voeding heeft, maar toch in de 'aan'-periode een gemiddelde buisspanning heeft die dicht bij de maximale buisspanning ligt. Door niet-lineaire elementen, zoals bijvoorbeeld diodes in de hoogspanningsgenerator te gebruiken, kan de buisspan-

ning in ongeveer 1 mS een maximale waarde bereiken, behoudt deze gedurende 3,5 mS en valt tenslotte in ongeveer 1 mS weer af tot nul. Ten opzichte van een sinusachtig verlopende buisspanning zal de bijdrage van zachte, laag energetische straling kleiner zijn.

### Conclusies

- Een fotodiode röntgendetector maakt het mogelijk op een eenvoudige en snelle wijze de tijdsvariaties van de röntgenstraling te bepalen.

Zowel de betrouwbaarheid van de tijdschakelaar als de stabiliteit van de stralingsintensiteit zijn direct te meten.

- Intra-orale toepassingen van een fotodiode als röntgendetector zijn mogelijk dankzij de geringe afmetingen. Experimenten wijzen erop, dat een automatische regeling van de belichtingstijd, gebaseerd op detectie van röntgenstraling achter de film met een fotodiode, tot de mogelijkheden behoort. In hoeverre de uitgangsspanning van de fotodiode

stabiel is over een aantal jaren, is echter een punt dat een nader onderzoek verdient.

### Summary:

Title: A photo diode as roentgen detector. A photo diode can be used as a roentgen detector. Using a simple amplifier and a storage oscilloscope, time variations of dental X-ray sets can be made visible.

By its small dimensions, this roentgendetector can be used intraorally, e.g. for an automatic exposure device.

### Literatuur:

1. Campbell, C. C. H., Yaffe, M. J., Taylor, K. W. (1979): Application of optical instrumentation in medicine VII. SPIE 173.
2. Parker, R. P. (1969): Ch. III-2 in 'Solid State Dosimetry'; editors: S. Amelinckx, B. Batz en R. Strumane; Gordon and Breach, New York.
3. Van der Plaats, G. J. (1978): Medische röntgentechniek in de diagnostiek. 5e druk. De Tijdstroom BV, Lochem.

Januari 1981.

Adres: Dr. J. A. van Luijk,  
Sorbonnelaan 16,  
3508 TB Utrecht.

## BLADVULLING

### IVOREN WACHERS

(Opgedragen aan de heer L. P. Brandt, tandarts te dezer stede, ter gelegenheid van het trekken van een kies.)

Ivoren wachters van 't maagdarmkanaal,  
Uw teugelloos verdwijnen in galop  
Maakt mijn kop tot minder dan een doodskop,  
Die blikkerlucht, van huid en spieren kaal.

Ik offerde u aan kluij en notenschaal,  
Aan zuurtjes, noga, chocola en drop.  
Mijn oom zei: 'Jou verdomde galgestrop,  
Dacht jij, dat ik de tandarts nog betaal?'

Ivoren wachters, 'k draag mijn tegenspoed.  
Aan vroege ouderdom of diabetes  
Is uw betreurd verscheiden niet te wijten.

't Komt enkel door dat tomeloze bijten  
En door 't gesabbel op wat suikergoed  
Dat gij ontbreekt zo breed als mijn bek breed is.

Philip Lorange

(Uit: S. Vestdijk, 'Ivoren Wachters', Uitgeverij De Bezige Bij, 7e druk 1965, blz. 20.)