

OVERDRUK UIT

GELOOF EN WETENSCHAP

ORGAAN VAN DE CHRISTELIJKE VERENIGING
VAN NATUUR- EN GENEESKUNDIGEN
IN NEDERLAND

JAARGANG *1956*

AFLEVERING *April*

DRUKKERIJ KLEIJWEGT - LOOSDUINEN

INTENSITEITS-BEPERKINGEN IN HET ELECTROMAGNETISCHE FREQUENTIE-SPECTRUM

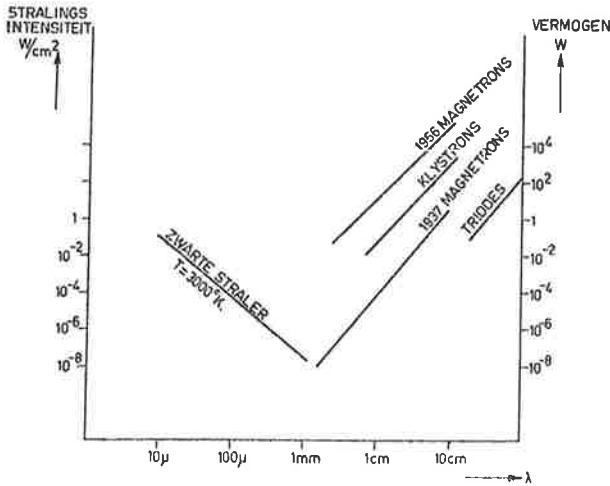
door

J. PH. POLEY

Het is reeds geruime tijd bekend dat de intensiteit van de voortgebrachte electromagnetische straling sterk afhankelijk is van de plaats waar men zich in het frequentie-spectrum bevindt. Zo is de stralingswet van Rayleigh-Jeans, volgens welke de stralingsintensiteit van een zwarte straler in het infrarood met de vierde macht van de golflengte afneemt, algemeen bekend. Daarnaast blijken nu echter ook de op te wekken vermogens in het frequentie-gebied der Hertzse golven onderhevig te zijn aan sterke beperkingen, welke van principiële aard schijnen te zijn ¹⁾ ²⁾.

Daar het vermogen van een eenvoudige trillingsketen afhangt van haar dimensies, daalt naar kortere golflengten met de verkleining der afmetingen ook de intensiteit der straling die voortgebracht wordt. Slechts met behulp van speciale voorzieningen (appel-buis, tank-circuit) is het gelukt in het gebied der decimeter-golven redelijke vermogens (> 1 W) te verkrijgen. Naar kortere golflengten werd eerst succes geboekt toen men gebruik ging maken van de eindige looptijd der electronen. De door de tweede wereldoorlog sterk versnelde ontwikkeling van magnetrons en klystrons maakte uiteindelijk vermogens van enige kW bij cm-golven mogelijk. Opmerkelijk hierbij is echter dat, hoewel deze vermogens thans op zichzelf aanmerkelijk groter zijn dan in de eerste looptijd-buizen, de bedoelde afname der e.m. stralings-intensiteit met de golflengte zich wederom manifesteert. Ook het maximale klystron-vermogen, hoewel kleiner dan dat der magnetrons, vertoont een analoge golflengte-afhankelijkheid. In bijgevoegde figuur is deze afhankelijkheid kwalitatief weergegeven voor een aantal buizen, alsmede voor een zwarte straler van $T = 3000$ °K (golflengte-interval 100μ).

Deze geconstateerde intensiteits-afname is van fundamentele aard. Voor de magnetrons hangt het vermogen samen met het anode-oppervlak, met de kathode-emissie en met de toenemende beperkingen geldend voor de kathode-centrering. De kleinere afmetingen, noodzakelijk voor kortere golflengte, doen een corresponderende vermogensafname met ongeveer λ^3 verwachten. Het vermogen der klystrons



wordt o.m. bepaald door het volume der trilholve, bij golflengte-verkleining behoort dus ook hier weer een vermogens-afname met ongeveer λ^3 . Bovendien is voor de looptijd-buizen in het algemeen de benutting van de electronen-looptijd zelf aan fysische grenzen gebonden: de bundeling der electronen zal bijvoorbeeld altijd slechts beperkt kunnen zijn. Dit legt de grens voor verdergaande resonator-verkleining bij golflengten van omstreeks 1 à 3 mm.

Ook andere pogingen ³⁾, waarbij getracht werd met behulp van systemen van bolletjes die een gedempte straling produceerden, korte golven van redelijke intensiteit op te wekken, leden schipbreuk. De eindige afmetingen der macroscopische oscillatoren maakten het onmogelijk van een dergelijk systeem coherente straling van groter intensiteit dan die der looptijd-buizen te verkrijgen.

Fysische beperkingen gelden eveneens voor de zgn. Cerenkov-straling ⁴⁾, die van een isolator uitgaat als deze beschoten wordt met een electronenstraal, waarvan de snelheid groter is dan de lichtsnelheid in het betreffende medium. Ook hier vormt de eindige afmeting van de electronenstraal (tengevolge van onderlinge afstoting der electronen) de begrensende factor voor de stralingsopbrengst.

Gebruik makend van de wisselwerking tussen versnelde electronen en magnetische wisselvelden, is het onlangs gelukt sub-millimetergolven van meetbare intensiteit te produceren ⁵⁾: bij een golflengte van 0,16 mm (160 μ) werd een vermogen van 10 tot 100 mW verkregen met behulp van een 2 MeV electronen-versneller. (Vermeldenswaard is hierbij nog, dat met een 100 MeV electronenstraal op deze wijze zichtbaar licht werd uitgestraald!). De praktische ontoeganke-

lijkheid van het golflengte-gebied tussen 0,1 en 5 mm (100–5000 μ) wordt met de noodzaak van dergelijke machtsmiddelen voor de productie van betrekkelijk geringe vermogens duidelijk geïllustreerd.

Concluderend mag men stellen dat zich tussen het langgolvig infrarood en de cm-golven een intensiteitsminimum der e.m. straling bevindt, daar de macroscopische oscillatoren enerzijds en de atomaire en moleculaire oscillatoren anderzijds beide duidelijk naar een minimum streven. Dit gebied omvat de overgang van door quantumtheorie beschreven verschijnselen naar een door klassieke theorieën weergegeven gedrag. Reeds daarom is verdergaande exploratie van dit golflengte-gebied gewenst. Dat dit echter hoge eisen zal stellen aan de gevoeligheid der stralingsdetectoren en aan de te gebruiken apparatuur, is wel duidelijk.

Doch ook nog uit anderen hoofde verdient dit intensiteitsminimum de aandacht. In dit golflengte-gebied moeten zich de eigen-trillingen bevinden van de eenvoudigste levende organismen en van de cellen van ingewikkelder levende structuren, aansluitend aan de waargenomen eigen-golflengten van de grotere anorganische moleculen en van de rode bloedlichaampjes in het langgolvig infrarood.

Zonder in teleologische speculaties te vervallen, mag toch worden geconstateerd, dat het opmerkelijk is, dat dit golflengte-gebied, dat voor het voortbestaan en het fysisch onderhoud der levensverschijnselen van zo grote betekenis is, ontoegankelijk blijkt te zijn voor menselijke activiteiten met grote electromagnetische stralingsintensiteiten.

SUMMARY

Attention is drawn to the fact that the power which can be generated by various electromagnetic radiation sources shows a remarkable minimum at frequencies between the long wave infrared and the microwaves. This observed power restriction appears to be of physical nature.

This frequency region contains the resonance frequencies of the simplest living organisms and cells.

Leaving aside teleological speculations it should be called to attention that this wavelength-region (so essential for permanence and conservation of the phenomena of life) appears to be hardly accessible for human electromagnetic activities.

¹⁾ Zs. f. Phys., 15, 1940, 321; Radiotechn., 1947, 165.

²⁾ Funk und Ton, 1948, 491.

³⁾ Zs. f. Phys., 24, 1924, 153; 55, 1929, 234.

⁴⁾ Phys. Rev., 54, 1938, 499.

⁵⁾ Electronics, 28, febr. 1955, 180.