

De radiobuis komt terug - in het klein

MARK MIERAS

Tientallen jaren vormden vacuümbuizen het kloppend hart van radio's, platenspelers en televisies. In het binnenste van ieder apparaat verspreidden ze een warm schijnsel, als waren het gezellige huiskamertjes. Maar vijftig jaar geleden ruimte de vacuümbuis het veld voor de eerste transistoren, de voorlopers van de huidige chiptechnologie.

Toch gelooft elektrotechnicus Jens Foerster in de terugkeer van de vacuümbuis, zij het in geminiaturiseerde vorm. Aan de Technische Universiteit Delft ontwikkelde hij een micro-vacuümbuis op chip: twee micron hoog en vier micron in doorsnede (een micron is een duizendste millimeter).

Het is relatief eenvoudig om op een chip een vacuümholte te maken: met een bijtende vloeistof ets je een kuiltje in de siliciumchip, waarop je een dekseltje van aluminium damp. Het vacuüm krijgt Foerster min of meer cadeau, want het opdampen van aluminium gebeurt bij zeer lage druk. Zit het dekseltje er eenmaal op, dan blijft die lage luchtdruk in de holte bewaard.

Lastiger was het om de elektroden van de traditionele diode-vacuümbuis op de chip te integreren. Het gaat om een gloeidraad (emitter) waaruit elektronen vrijkomen en een anode waar de vrijgemaakte deeltjes naartoe getrokken worden. De elek-

tronen kunnen alleen van emitter naar anode, niet terug.

Probleem was voor Foerster dat elektronen door hitte nauwelijks uit silicium te jagen zijn. Pas bij 3000 °C zouden de elektronen spontaan uit een gloeidraadje van het chipmateriaal springen. In Foersters microvacuümbuis worden de deeltjes daarom een handje geholpen: de emitter kreeg de vorm van een scherpe naald op de bodem van de microvacuümbuis. Op de naaldpunt balt zich het elektrische veld in de buis samen, waardoor plaatselijk een enorm hoge veldsterkte ontstaat: tientallen miljoenen volts per meter. Het veld is sterk genoeg om de elektronen uit de punt te trekken.

De emitternaald wordt uitgespaard bij het etsen van de vacuüm-

holte. Door het ragfijne puntje vloeit een bescheiden stroompje van ongeveer één micro-ampère. Dat is niet veel, beaamt Foerster, de emitter van een traditionele vacuümbuis produceert aanzienlijk meer. Maar zet je een paar duizend naalden naast elkaar dan ontstaat toch een behoorlijke stroom door de micro-vacuümbuis.

Extreme situaties

Eenmaal uit de punten van de naalden getrokken, bewegen de elektronen zich naar de bovenkant van de vacuümbuis, waar direct onder het aluminium deksel de anode zit.

Foerster, die eind vorig jaar op het onderwerp promoveerde, denkt dat zijn micro-vacuümelektronica vooral in extreme situaties van pas kan ko-

men. Chips met vacuümbuizen zouden prima dienst kunnen doen in chemische installaties of in kernreactoren - plaatsen waar de hoge temperatuur of de stralingsintensiteit gewone chips onbruikbaar maakt. Bij temperaturen boven de 150 °C verdwijnt de zogenoemde *dotering* uit de halfgeleiderschakelingen: de verontreinigingen die de componenten hun specifieke elektrische eigenschappen geven. Straling maakt in het chipmateriaal elektronen vrij die de elektronenhuishouding in de war brengen. In een vacuümbuis heb je die problemen niet, legt Foerster uit: vacuüm is vacuüm, dat gaat niet kapot.

De micro-vacuümelektronica houdt niet op bij de diode. Afgelopen week kwamen Foersters eerste complete micro-*triodes* uit het chiplaboratorium. In zo'n triode zit naast emitter en anode ook nog een regel-elektrode die de elektronenstroom onderweg afremt of versnelt om het signaal te moduleren. In Foersters micro-triode zit de stuur-elektrode direct rond de emitternaald. Variëer je de spanning op de elektrode, dan varieert ook de elektronenstroom door de buis.

Daarmee kan in principe iedere elektronische schakeling met microvacuümbuizen worden uitgevoerd. Zelfs de ouderwetse buizenradio kan nagebouwd worden op miniatuurformaat. Alleen jammer dat het warme schijnsel aan de achterkant ontbreekt.

