

HET PHILIPS LCD-PROJECT

In 1985 begon ik in de groep van Kees Gerritsma om aan Actieve-Matrix LCD's te gaan werken. Ik was net drie maanden bezig toen Kees kwam vertellen dat de algemene Research-directeur Piet Kramer de verantwoordelijkheid voor Actieve-Matrix LCD's met α -Si TFT's (amorf silicium Thin-Film Transistors) als schakelaar per pixel had neergelegd bij de groep van John Shannon in ons zusterlab PRL in Redhill, Engeland. Daar was inderdaad de expertise over amorf silicium. Martin Powell was een autoriteit op het gebied van α -Si TFT's. Hij had ontdekt dat de beste α -Si TFT's gemaakt konden worden door silicium-nitride (SiN_x) te gebruiken als diëlectricum. Dit was een echte uitvinding die door alle α -Si TFT-LCD firma's is overgenomen. Het was alleen jammer dat Martin Powell een wetenschapsman was en er geen moment aan gedacht had om octrooi op zijn vondst aan te vragen!

Ik kon dus niet aan α -Si TFT-LCD's werken. Daarom keek ik naar alternatieven en vond die in α -Si pin- of Schottky-diodes, waar in Japan al veel werk aan was gedaan voor zonnecellen en voor displays, o.a. bij Citizen.

Er werd op het Nat.Lab al lang onderzoek verricht naar platte beeldbuizen. In de jaren '60 werd er gewerkt aan plasma-panelen door Thijs de Boer. Er is nog een foto in omloop waarop het dochtertje van Jean Lorteye, die de elektronica verzorgde in de display-groep van Sjors van Houten, staat afgebeeld op zo'n plasma-paneel. Niet in kleur of zwart-wit, maar in de neon kleur van de gasontlading die op elk kruispunt van de rijen en kolommen plaats vond. De zoektocht naar platte weergeefpanelen kwam door de interesse in grote displays. Groepsleider Tan van de TV-groep noemde het van dichtbij kijken naar een groot paneel een 'Enhanced Viewing Experience'. Maar bij CRT's gaat het gewicht met de derde macht van de schermafbeelding, zodat echt grote displays een probleem gaan vormen. Zo heb ik eens op een tentoonstelling bij een displayconferentie een TV van Sony gezien met een schermdiagonaal van 1 meter. Het apparaat stond op de grond, want het woog meer dan 100 kilo! Zelf heb ik een 82" Philips TV gehad, die zonder het bijbehorende onderstel 59 kilo woog. Dat gewicht stond met kleine lettertjes ergens onopvallend in de gebruiksaanwijzing. Het vermogensverbruik kon ik nergens vinden. Toen ik dat op internet op wilde zoeken kwam ik er achter dat anderen dat ook tevergeefs hadden geprobeerd te achterhalen. Er was zelfs iemand bij de ontwerpers langs gegaan, maar die konden of wilden dat niet vertellen! Bij platte panelen gaat het gewicht met het kwadraat van de schermdiagonaal, dus worden grote schermen mogelijk en verder was de gedachte dat het vermogensverbruik door lagere spanningen en/of stromen aanzienlijk naar beneden kan.

In begin van de jaren '70 moest Kees Gerritsma als jong onderzoeker een voordracht voor de directie houden over zijn werk aan LCD's in de conferentiekamer van WB5, de directieverdieping. Kees stond en de directie zat, want zo waren de verhoudingen toen. Kees demonstreerde een celletje van 2x2 cm, waarop hij een letter of cijfer kon laten zien, natuurlijk in zwart-wit en in reflectie, dus met weinig helderheid. Toen Kees aan het eind van zijn verhaal zei, dat ze dachten in de toekomst daar een TV-display mee te kunnen maken, sloeg de directie zich op de dijen van het lachen. Zo'n jonge onderzoeker toch! Dit is eigenlijk altijd de houding tegenover LCD's van de directie van het Nat.Lab. en de productdivisies geweest. Ze geloofden allemaal dat een TV-beeld alleen door versnelde elektronen in vacuüm met inslag op fosforen gemaakt kon worden. Er waren een aantal projecten daarop gebaseerd, zoals om te beginnen Falcon (in PRL), waarbij elektronen om een hoekje op een scherm terechtkwamen dat op ongeveer een cm van de tegenplaat zat. Verder Vulcanus op het Nat.Lab, waarbij uit spitse geëtste 'vulkaantjes' door het hoge plaatselijke veld elektronen werden getrokken naar de fosforen op de tegenplaat. Apollo, het project waar Arthur Hoeberechts op het Nat.Lab aan

werkte, was ook iets vergelijkbaars. In plaats van 'vulkaantjes' werd er een geëtste diodematrix gebruikt, waar de elektronen uit de diodes werden getrokken als ze in de voorwaartsrichting stroom geleidden. En natuurlijk de beroemdste van allemaal: Zeus, de uitvinding van Gerard van Gorkum, berustend op secundaire emissie aan glaswanden en op het feit dat in een pijp met gaten (zoals een blokfluit) onder bepaalde condities één elektron in ook betekende één elektron uit. Daarbij vertrokken elektronen tussen twee glasplaten uit een lijnvormige bron en liepen vervolgens inderdaad als door een pijp tot ze bij de gekozen rij op het display door gaten naar de fosforen op de andere plaat werden getrokken.

Steeds was het probleem bij al deze oplossingen dat er vacuüm was en dat er afstandsstukjes tussen de twee glasplaten moesten. Op die plek kon geen pixel zitten.

Ongeveer in 1983 kwamen er echter kleine Japanse LCD TV-tjes op de markt. Seiko had bv. een horloge met een zwart-wit TV, waarbij de draad naar de oortelefoon tevens als antenne diende. Daarna kwamen er ook kleuren-TV-tjes van Citizen en Seiko Epson, waarbij Citizen diode-ringen, twee diodes anti-parallel, gebruikte als schakelaar in een pixel. Daarbij werd een slimme rijaansturing gebruikt met 4 niveaus in plaats van alleen maar aan-uit, een uitvinding van Seigo Togashi van Citizen.

In december 1985 gingen Henk Veenliet en ik naar de display-conferentie in San Diego. We gingen via Troy in Michigan, waar Ovonic Imaging Systems zat, want Peter Peloschek van Elcoma had daar een goed werkend display met pin-diodes als schakelaar gezien. Volgens Zvi Yaniv van OID werkte het volgens een 'new physical principle'. Dankzij een foto van een stukje display, dat Peloschek had gemaakt, kwamen Henk Veenliet en ik er achter dat het display twee horizontale metaalrijen per pixel had en toen wisten we dat het een 'Lechner-circuit' was. Bernard J. Lechner was directeur van het RCA researchlab geweest en had alle mogelijkheden voor schakelaars in actieve-matrix displays gepubliceerd in een artikel in de Proceedings of the IEEE van november 1971.

Met twee metaallijnen per pixel kon je een karakteristiek maken waarbij de ene diode bij een in te stellen positieve spanning gaat geleiden en de andere bij een in te stellen negatieve spanning, wat een geweldige vrijheid gaf in de keuze van het te gebruiken vloeibaar kristal, in tegenstelling tot het gebruik van dioderingen. Maar wel met als nadeel het dubbele aantal rijaansluitingen en dat zou natuurlijk leiden tot dure IC's voor de rijaansturing.

Op de conferentie was ook Martin Stroomer van CE, mijn voorganger in de groep Gerritsma, die geïnteresseerd was in projectie-TV om met kleine displays toch grote beelden te kunnen maken. We werden verrast door de presentatie van Shinzo Morozumi van Seiko Epson, die een display toonde op een kwarts substraat met hoge-temperatuur poly-silicium TFT's, die een hoge beweeglijkheid hadden. Dit was ideaal voor projectie en dat werd op de dia's ook duidelijk gemaakt. Door de hoge beweeglijkheid zouden ook de rij- en kolom-aansturing in de toekomst mee-geïntegreerd kunnen worden.

Dit maakte veel los bij CE, Elcoma en Research. Er werd snel een project gestart met Ad Veenhof als projectleider, die moest rapporteren aan de Raad van Bestuur. Oorspronkelijk was het de bedoeling om kleine TV's te gaan maken. Er werd een groep LC-TV opgericht, waarin een aantal voormalige IC- medewerkers kwamen. Ze betrokken de 4-de verdieping in gebouw SFH op Strijp. Op de begane grond kwam een clean room. In het research lab in Briarcliff Manor (USA) werd begonnen aan HT-poly op kwarts, PRL ging verder met α -Si TFT's en de groep van Kees Gerritsma ging verder met α -Si diodes. Henk Veenliet liet het onderwerp, waar hij mee bezig was, vallen en ging amorf silicium maken. Later werd dat overgenomen door Gerrit Oversluizen en Tom Geuns. Jan-Willem Martens, ook bij Gerritsma, ging de diodes karakteriseren die Henk en Ineke Rijbroek en later Gerrit Oversluizen en Tom Geuns maakten.

TFT's hebben als groot voordeel dat ze het nauwkeurigst zijn. Bij TFT's is korte tijd na het inschakelen van een rij TFT's (via de rij-aanstuurspanning op de gates) geen verschil meer in spanning tussen de doorlatende elektroden (source en drain), zodat de kolomspanning, die de informatie bevat, nauwkeurig op het pixel komt. Daardoor krijgt een dergelijk display uniforme grijstinten en dus uniforme kleurschakeringen.

Bij pin-diodes (en Schottky diodes) is er een spanningsverschil tussen de aangeboden kolomspanning en de spanning die op het pixel terechtkomt, door de voorwaarts spanningsval over de diode van ongeveer 0,7V. Die spanningsval moet dus gecompenseerd worden in de aansturing. Wel zijn pin-diodes (en Schottky diodes) erg uniform over een substraat. Dit komt doordat ze tegelijk in één bewerking gemaakt worden maar ook door de steile (exponentiële) stroom-spannings karakteristiek. Een verschil in diodestroom van bv. 10% geeft een verschil in diodespanning van maar 2,5 mV. In werkelijkheid is het verschil in diodestroom veel kleiner, waardoor pin-diode LCD's ook uniforme grijstinten hebben.

Er dient nog vermeld te worden dat een LCD met wisselspanning moet worden bedreven, dat wil zeggen dat elk pixel steeds afwisselend met een positieve en een even grote negatieve spanning moet worden opgeladen met een frequentie van minimaal 50Hz om flikkeren te voorkomen. Zelfs dan flikkert het LCD nog met 25Hz, wat opgelost kan worden door de rijen achtereenvolgens positief en negatief op te laden. De rij flikkert wel, maar dat blijkt onzichtbaar te zijn, de storende vlakflikker is verdwenen.

Er is echter een groot voordeel van diode-displays vergeleken met TFT-displays. Bij TFT-LCD's kruisen op het ene glazen substraat de metalen rijen en kolommen elkaar, met op elk kruispunt een TFT. Dit levert door het grote aantal kruisingen een grote kans op sluitingen op, met als resultaat een uitgevallen pixel of zelfs een uitgevallen rij. De tegen-elektrode op het andere glazen substraat is een ongestructureerde en doorzichtige geleidende plaat van ITO (Indium-Tin Oxide), waarop het kleurenfilter met de drie kleuren rood, groen en blauw, wordt aangebracht.

Diode-LCD's lijken meer op de eenvoudige passieve-matrix LCD's. In diode-LCD's zijn op het ene substraat brede banen van ITO in rijen (of kolommen) aangebracht. Op het andere substraat zijn smalle metalen kolommen (of rijen) aangebracht, waaraan diodes zitten naar een vierkant ITO flapje. Dit flapje vormt met het daar tegenover liggende gedeelte van een ITO-kolom een pixel met daartussen het vloeibare kristal. Er zijn dus geen kruisende lijnen op een substraat en dat levert direct een veel hogere opbrengst op!

Op een vergadering waar alle research-betrokkenen aanwezig waren, werd tot mijn en ieder anders verrassing door Ad Veenhof meegedeeld dat hij besloten had om voor diodes als schakelaar per pixel te gaan. Volgens mij hadden α -Si TFT's de beste kansen, gezien de nauwkeurigheid van de pixelspanning en de flexibiliteit wat betreft het te gebruiken vloeibare kristal. Ik had Martin Powell net in zijn oor gefluisterd: 'Don't worry, they will choose α -Si TFT's'. Maar Veenhof zei dat hij voor diodes ging, eigenlijk alleen op basis van het diode-ring display van Citizen. Als de diodes het zouden redden, dan hadden we een unieke technologie. Mochten de TFT-displays als uiteindelijke winnaar uit de strijd komen, dan konden we altijd nog omzwaaien. Ik was er erg ongelukkig mee, want diode-ring displays waren niet flexibel genoeg wat betreft het te gebruiken vloeibare kristal, en schakelingen volgens het Lechner-circuit hadden teveel rijaansluitingen. Dat zat me niet lekker. Ik vreesde een debacle en vond na lang nadenken het D²R-circuit uit, wat staat voor Double-Diode plus Reset. Daarbij wordt de rij niet aangestuurd met 4 maar met 5 niveaus. Daarbij wordt het pixel positief opgeladen via de ene diode, maar een rastertijd later wordt de hele rij gereset (in de lijntijd net voor de selectie van de betreffende rij) naar een lage negatieve referentiespanning via de andere diode om daarna via de eerste diode opgeladen te worden tot de juiste negatieve spanning. Die uitvinding bracht het totaal aantal

aansluitingen aan het display terug tot het zelfde aantal als van TFT-displays, namelijk het aantal rijen maal het aantal kolommen plus één (van de referentiespanning).

Veenhof vond ook dat er aan MIM-displays moest worden gewerkt, waarbij MIM staat voor metaal-isolator-metaal. Dit is een tweezijdig stroomdoorlatend device, zoals een diode-ring, maar simpeler dan een α -Si pin-diode en met een veel bredere en minder steile karakteristiek. Het researchwerk aan MIM's ging gebeuren in PRL. Het nadeel van MIM's was de zeer dunne isolatorlaag, waardoor ze gemakkelijk stuk gingen door statische lading. Daarentegen waren α -Si pin-diodes juist erg robuust en konden daardoor met een hoge opbrengst gemaakt worden.

In de clean room op Strijp werden daarna 5,8" D²R displays gemaakt. Barco uit Kuurne in België nam ze af zonder kleurenfilter, want ze bouwden met drie van die schermen professionele projectoren voor zalen. Ze waren toen de eerste en de enige firma, met een goede verkoop resultaten en een voortreffelijke beeldkwaliteit van hun projectoren.

Ook werden op Strijp 5,8" MIM-displays gemaakt. Die waren minder uniform dan D²R displays. Om nog hogere opbrengst te krijgen bij D²R displays gebruikten we in plaats van één twee diodes in serie. De kans op een sluiting in een diode was klein, maar met twee diodes in serie werd die verwaarloosbaar klein. Zo hadden we dus 4 α -Si pin-diodes per pixel. Ik veronderstelde dat zo'n pixel weliswaar niet kapot was met een lekke diode maar wel een foute grijswaarde zou vertonen. De spanningsval over twee diodes in serie is immers 1,4 V in plaats van 0,7, en dat is aanzienlijk op het spanningsbereik van ongeveer 3V tussen volledig aan en volledig uit van de gebruikelijke vloeibare kristallen. Maar tot mijn grote verrassing was dit niet in het display te zien. De 5-niveau rij-aansturing werkte uniformiserend! Doordat steeds dezelfde diode gebruikt werd om het pixel zowel positief als negatief te laden, bleek het verschil in voorwaartsspanning tussen het gebruik van één of twee diodes in serie te resulteren in een gelijkspanning over het pixel dat verdween, zodat precies de juiste wisselspanning op het pixel overbleef. Toen ik dit aan Alan Knapp, mijn elektronische tegenhanger van PRL (met een opleiding tot doctor in de chemie!) vertelde, besloot hij die 5-niveau rijaansturing eens op MIM-displays te proberen. Het resultaat was verbluffend. Als er van 4-niveau sturing werd omgeschakeld op 5-niveau sturing werd een niet-uniform MIM-display in één klap uniform! Dit was een wonder en een echte vinding, in dit geval door 'serendipity'!

Het gebouw WAX, dat gebouwd was voor het (mislukte) Mega-project, werd gekozen om actieve-matrix LCD's te gaan maken. Het werd omgedoopt tot WLC. Sinterklaas was er niet gerust op en zei dat jaar: 'We 'll see'!

Tot mijn verbijstering werd er niet besloten om daar D²R displays te gaan fabriceren, maar MIM-displays. De reden was dat er inmiddels was afgezien van toepassing in TV-schermen. De Japanse firma's hadden hun belangstelling verschoven naar schermen voor laptops, om te beginnen met een diagonaal van 10". MIM-displays hadden een groter optisch-effectief pixel oppervlak dan D²R displays. Dat kwam door de kleine MIM en de ene metaallijn per pixel, in plaats van 4 pin-diodes en twee metaallijnen per pixel.

Albert Schmidt, de ongeëvenaarde IC-expert van het Nat.Lab. met een enorme ervaring in IC-fabrieken van Philips, kwam woedend bij mij langs en zei: 'Hoe kunnen ze dat nu doen? Ze hebben in de proeffabriek op Strijp een technologie volledig uitgezocht met een hoge opbrengst en nu gaan ze wat anders produceren. Dat is vragen om moeilijkheden!' Ik zei tegen hem: 'Albert, je moet niet bij mij zijn. Ik vind het ook een ontzettend stomme beslissing, maar naar mij luisteren ze niet.'

Toen begon de ellende. De 10" MIM-displays, bedoeld voor laptop schermen, barstten van de kapotte pixels, zodat een grijs beeld leek op een sterrenhemel en dus ook zo werd genoemd. Gerrit Oversluizen (groep Gerritsma) kreeg de ondankbare taak om fundamenteel te kijken wat

er aan de hand was en hoe dat opgelost zou kunnen worden. De ellende met de 'sterrenhemels' duurde twee jaar en al die tijd kon er niet geleverd worden aan eventuele klanten. Ondertussen leverde de proeffabriek op Strijp uitstekende D²R displays af, zowel met als zonder kleurenfilter. Toen de MIM-displays eindelijk goed waren was de opbrengst laag en waren ze te duur. Bovendien zaten alle toeleveranciers van de materialen, zoals kleurenfilters, oriëntatielagen, vloeibaar kristal enzovoort in het Verre Oosten, wat betekende dat Philips 10% meer betaalde dan firma's daar ter plaatse.

Daarom werd er toen besloten om te stoppen met MIM- en D²R-displays en over te gaan op α -Si TFT's, eerst door Hosiden op te kopen, een kleine firma met een eigen α -Si TFT technologie. Vervolgens werd er met het Zuid-Koreaanse LG een joint venture gesloten. LG had de technologie en Philips bracht een grote zak met geld in. WLC werd gesloopt en zo eindigde het LCD avontuur van Philips.

Gerrit Oversluizen, Tom Geuns en ik gingen echter nog door. Ik had een filosofie, namelijk dat we kleinere pin-diodes konden maken op een rand zodat dat tot een grotere *aperture* zou leiden, en bovendien uitricht-ongevoeliger was. Gerrit zag er wat in en ging samen met Tom Geuns aan de technologie werken. Dat lukte en we hadden na een jaar (!) een projectie display met een heel klein pixel oppervlak en een redelijk groot *aperture*. Die methode was dus uitstekend geschikt geweest voor laptop displays en hadden we ook in alle rust kunnen uitzoeken in de twee verspilde jaren van het LCD-project. Gerrit en Tom hebben daar nog een octrooi op gekregen. Tom Geuns heeft mij nog regelmatig gezegd dat het zijn mooiste tijd was: 'We konden aan onze eigen goede ideeën werken met een uitstekend resultaat'. Jammer, jammer, maar mijn Engelse collega's zouden zeggen: 'It has no use crying over spilled milk'.

Naschrift

Mijn verhaal is subjectief, beschreven vanuit mijn ervaringen met het LCD-project. Er komt echter ook een ander, objectiever verhaal. Twee jaar geleden namelijk, in 2013, kwam Paul van Gerven, redacteur van het tijdschrift *Bits en Chips* bij mij langs voor een interview. Hij was bezig, samen met een collega, met het schrijven van een boek over vier Philips-projecten, waaronder het LCD-project. Hij heeft daarvoor ook Kees Gerritsma, Gerrit Oversluizen en een aantal personen van FPD, onder andere Rob Hartman, Co van Winsum en Fred van Roosmalen, geïnterviewd. Paul en zijn collega hopen het boek in december op de markt te brengen. Ik kijk er naar uit!

Dommelen 18-03-2015

Karel Kuijk