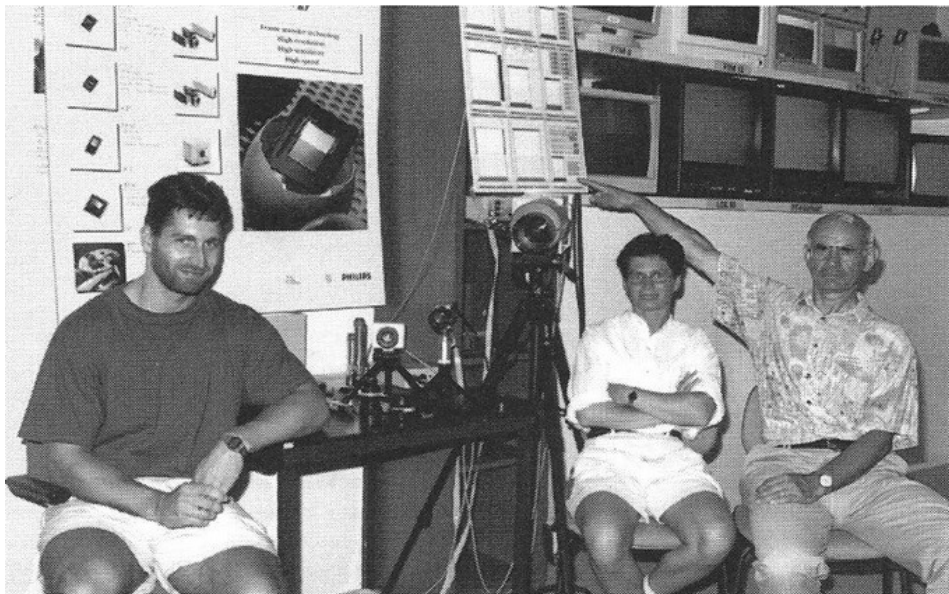


BRAVO! BRAVO! BRAVO!

's Werelds kleinste pixel in beeldsensoren

Herman Peek, (NLJ 30-08-1996)

Op de omslag van de Nat.Lab. Gids 1995 is een afbeelding van een met beeldsensoren 'geproceste' siliciumplak geplaatst. Het betreft hier een type FT17-beeldsensor met 600.000 lichtgevoelige pixels die $9 \times 22 \mu\text{m}^2$ groot zijn. Deze sensor wordt in professionele videocamera's toegepast. De ontwikkeling van de technologische processen voor alle typen beeldsensoren vindt plaats in de SFA-groep Theuwissen door een klein team geleid door Herman Peek. Tussen die activiteiten door is onlangs door hen een technologie ontwikkeld, waarbij beeldsensoren werden gemaakt met 's werelds kleinste pixelafmetingen van $2,4 \times 2,4 \mu\text{m}^2$, met behoud van een uitstekende beeldkwaliteit.



De medewerkers van het team o.l.v. Herman Peek (rechts). Naast hem Monique Beenhakkers (midden) en Daniël Verbugt (links).

Ruim 25 jaar wordt er in WAG gewerkt aan 2D-beeldsensoren. Alhoewel praktisch al onze Japanse concurrenten beeldsensoren maken volgens het 'Interline' (IL)-principe, volharden wij in onze eerste keuze, namelijk het 'Frame Transfer' (FT)-principe. Een zeer belangrijk voordeel van FT is dat de CCD-kanalen dienen voor zowel het transport van de afzonderlijke, door het licht gegenereerde, ladingspakketjes tijdens het kloppen van de 'gates', als voor de lichtgevoelige elementen tijdens het stilstaan van de klokspanningen. Een nadeel van FT is de aanwezigheid van 'smear' t.g.v. felle lichtspots in de beeldscène. In IL-sensoren liggen de CCD-kanalen en de lichtgevoelige elementen (fotodiodes) gescheiden naast elkaar. Het is dus voorspelbaar dat met FT-sensoren in principe altijd één technologische generatieslag kleinere pixels gerealiseerd zouden kunnen worden, gegeven de mogelijkheden van de technologie op dat moment. Om diverse redenen wordt in de literatuur melding gemaakt van een ondergrens in de pixelafmetingen van $5 \times 5 \mu\text{m}^2$. De belangrijkste redenen zijn:

- de 'quantum efficiency' (QE) wordt te laag;
- om de steeds betere resolutie die met kleinere pixels gehaald wordt, te benutten, moeten kwalitatief steeds betere (dus duurder) cameralenzen gebruikt worden.

Gezonde nieuwsgierigheid was de drijfveer om toch te zoeken naar een technologie om een beeldsensor te maken met pixelafmetingen die in iedere dimensie een factor 2 omlaag geschaald zouden zijn.

Daarbij stelden we drie extra eisen:

1. de QE mocht niet lager zijn dan die van sensoren met pixels van $5 \times 5 \mu\text{m}^2$;
2. de transportsnelheid van de ladingspakketjes in de CCD-kanalen moest voldoende hoog blijven t.b.v. lage 'smear' voor zowel het gebruik van de sensoren in video als in multimedia-applicaties;
3. de maximale ladingsinhoud per pixel moest voldoende groot zijn om een signaal/ruis-verhouding van minstens 40 dB te hebben.

Eis 2 was de moeilijkste. Tot nu toe realiseerden we hoge transportsnelheden door zgn. 'shunt-wiring' toe te passen, daarbij gebruikmakend van verticale metalen strips die iedere horizontaal lopende CCD-'gate' op vele plaatsen contacteren.

Uitdaging

De uitdaging voor iedere nieuwe generatie beeldsensoren met 'shunt-wiring' is steeds weer de contactering van deze 'shunt-wiring' (wolfram) naar de polysilicium-'gates', omdat 'the state of the art' in de lithografie eigenlijk steeds één generatie achterloopt met een nieuwe sensorgeneratie. Steeds werd een technologische truc bedacht om een kleinste dimensie van het contactgat te realiseren die kleiner was dan gespecificeerd door de belichtings-'stepper'.

Ook nu werd een manier gevonden om een contactgat te maken van $0,2 \mu\text{m}$ in diameter (specificatie lithomachine is $0,5 \mu\text{m}$) om aldus $0,5 \mu\text{m}$ -brede polysilicium-sporen probleemloos te contacteren. Aan de andere 'performance' -eis om een goede QE te verkrijgen, werd voldaan door alle polysilicium-'gates' flinterdun te maken (50 nm i.p.v. 250 nm). Een bijkomend voordeel hiervan is dat we nu de CCD-kanaalscheidingsimplantatie dóór de poly-'gates' konden doen, waardoor deze scheidingssporen door het geringe temperatuurbudget in de resterende proces-stappen weinig uitdiffunderen in laterale richting. De fotogevoelige fractie van het pixel-oppervlak wordt hierdoor geoptimaliseerd.

Met bovenstaande inspanningen werd een beeldsensor ontworpen en 'geprocesst' met 640 pixels in horizontale en 480 pixels in verticale richting met 's werelds kleinste pixelafmetingen van $2,4 \times 2,4 \mu\text{m}^2$ en een uitstekende 'performance'.

Nu de 'feasibility' van deze technologie is aangetoond, blijken zich ineens applicaties aan te dienen die het juist moeten hebben van deze kleine pixelafmetingen, en waarbij het probleem van de dure kwaliteitslens geen 'issue' is. Benadrukt dient te worden dat de nieuwe technologie uiteraard ook met voordeel toegepast kan worden in beeldsensoren met conventionele pixelafmetingen (bv. $10 \times 15 \mu\text{m}^2$), waardoor de realisatie van de voorgestelde ideeën op de onlangs gehouden 'roadmap-sessies' over 'imaging'-componenten een stuk realistischer worden.