

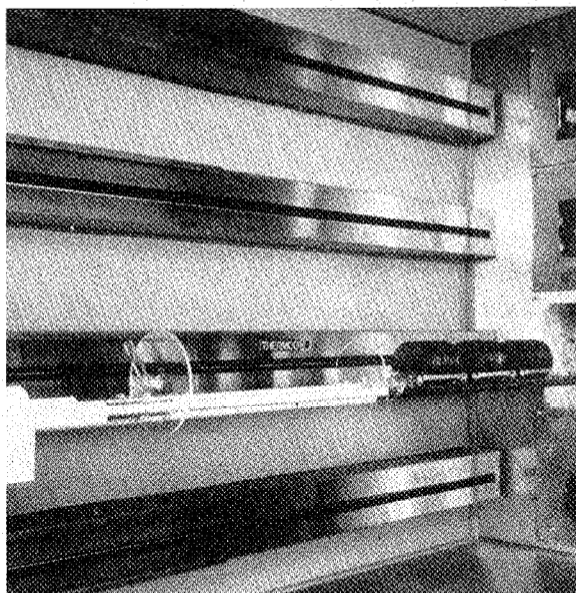
Kwaliteit in keramiek en kwartsglas

P&H Glastechnologie

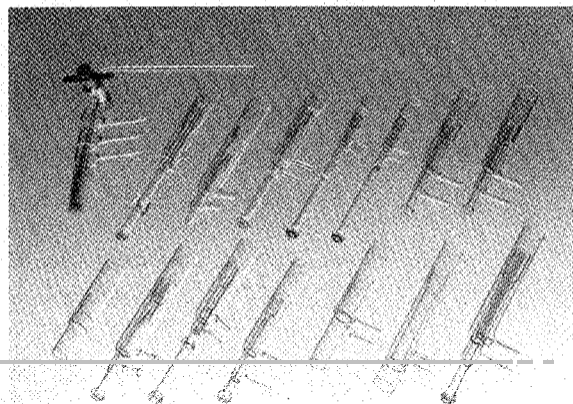
Frans Zuurveen In 1915 besloot Anton Philips in Eindhoven glasballons te gaan maken, omdat de oorlogsomstandigheden het onmogelijk maakten nog langer glas uit Duitsland te betrekken. Dus bouwde hij een eigen glasfabriek, waarin glasblazers uit Leerdam, Maastricht en Nieuw-Buinen kwamen werken. Zo ontstond er in Eindhoven en omgeving een traditie op het gebied van het maken en bewerken van glas. Vandaag de dag wordt er in Eindhoven geen glas als grondstof meer gemaakt, maar glas wordt er nog wel op allerlei manieren bewerkt. Onder andere bij Pulles en Hanique Glastechnologie bv te Veldhoven, dat zich heeft gespecialiseerd in de kwalitatief hoogwaardige bewerking van borosilicaatglas, kwartsglas en keramiek.

Figuur 1. Siliciumplakken ("wafers") die op kwartsglazen dragers van P&H in een oven worden gevoerd.

Eugène Hanique is directeur-eigenaar van P&H Glastechnologie, dat met een veertigtal medewerkers is gehuisvest in een fraai gebouw op het Veldhovense "high tech"-industrieterrein, waar ook waferstepper-fabrikant ASM Lithography - een van de klanten van P&H - is gevestigd. Hanique vertelt dat zijn vader Jan in 1950 samen met André Pulles een eigen bedrijfje startte voor het maken van laboratoriumglaswerk. André en Jan kregen hun opleiding als glasinstrumentmaker bij de Philips JNO (Jongens Nijverheids Opleiding) en de Leidse Instrumentmakersschool.



In de showroom van P&H zijn als stille getuigen van een afgesloten tijdperk een nostalgisch toestel van Kipp en enkele fraai gevormde retorten te zien. Om zulke bolle voorwerpen te maken moest een glasinstrumentmaker in het product blazen. "Maar wij zijn beslist geen glasblazers maar wel glasinstrumentmakers", zegt ing. Hanique, die zelf ook is opgeleid bij de beroemde Leidse Instrumentmakersschool. "De tegenwoordige producten van P&H worden gemaakt door thermische bewerkingen als buigen, lassen en kalibreren, en mechanische bewerkingen als zagen, slijpen, frezen en polijsten. Warme en koude glas-technologie noemen wij dat."



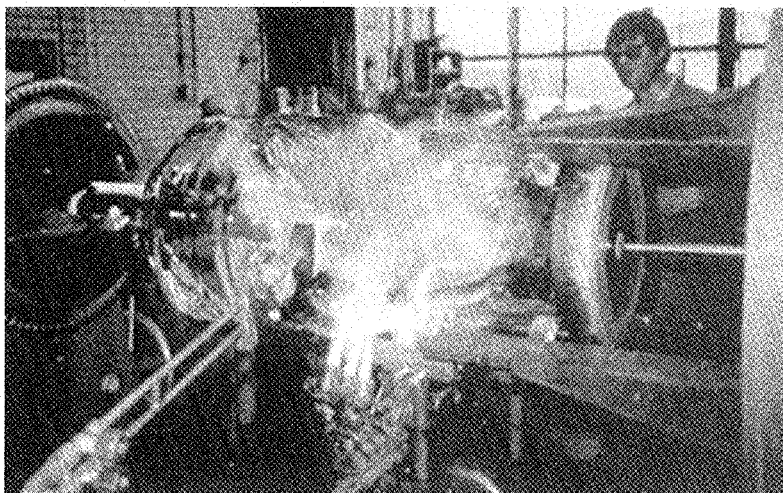
Figuur 2. Kwartsglazen branders die door P&H zelf zijn gemaakt.

Meedenken met de klant

Doorgaans gaat het bij P&H niet om grote series producten. "Wij ontleen ons bestaansrecht aan de technologische aansluiting bij de hoogwaardige techniek van onze klanten, bijvoorbeeld de IC-industrie", zegt Eugène Hanique. Zo maakt P&H voor chipsfabrieken zogenaamde wafer carriers van kwartsglas. Kwarts is in de IC-wereld een veelgevraagd materiaal, omdat het tegen een oventemperatuur van 1250°C is bestand en omdat het geen verontreiniging veroorzaakt. Figuur 1 laat een rij siliciumplakken zien die op een carrier van P&H in een oven worden gevoerd.

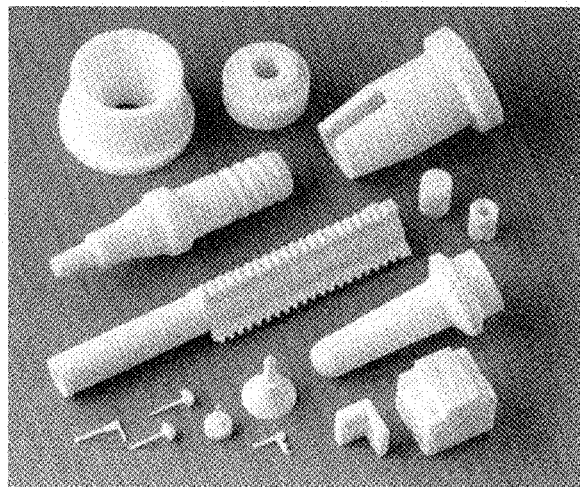
Het ontbreken van verontreinigingen in kwarts geldt alleen als er bij de fabricage met die eis verregaand rekening wordt gehouden. Zo wordt kwarts door P&H bewerkt met branders van hetzelfde materiaal, en die branders zijn in eigen huis vervaardigd, zie figuur 2. De gassen waterstof en zuurstof die voor de bewerking van kwarts worden gebruikt, zijn en extreem zuiver en ze mogen op hun weg van tank naar brander geen verontreinigingen opnemen. "We hebben hier een gasleidingnet van 400 m roestvaststaal en dat is best een behoorlijke investering!"

Figuur 3.
Het maken van een
bioreactorvat van
borosilicaatglas.



Niet alleen kwarts

Borosilicaatglas is ook zo'n materiaal dat goed aansluit bij bepaalde wensen van de klant. (Het materiaal is bekender door de merknamen Pyrex - van Corning, - en Duran - van Schott.) P&H maakt er bijvoorbeeld bioreactorvaten van, die bestand zijn tegen temperaturen van zo'n 400° C en tegen velerlei chemicaliën. Figuur 3 laat zien hoe bij P&H zo'n reactorvat op een glasbank wordt gemaakt. Een derde tak van materialen die P&H tot zijn activi-



Figuur 4.
Een aantal door P&H mechanisch bewerkte keramische producten.

teitenpakket reket, zijn de keramieken. Die worden uitsluitend mechanisch bewerkt, zie figuur 4, en wel met gereedschap dat altijd diamant bevat. P&H heeft bijvoorbeeld geïnvesteerd in een viertal CNC-freesstations van Deckel Maho. Daarnaast behoren slijpen, polijsten en ultrasoon boren tot de bewerkingstechnologieën die P&H in huis heeft. Laser-snijden wordt nu nog uitbesteed, maar zal in de niet al te verre toekomst ook tot het bewerkingenpakket gaan behoren.

In overleg met de klant bewerkt P&H carbiden (SiC , B_4C), nitriden (Si_3N_4 , BN , AlN), oxiden (ZrO_2 , Al_2O_3) en glaskeramieken (Macor en Zerodur). Zerodur is moeilijker bewerkbaar dan Macor, maar heeft het voordeel dat de thermische uitzetting nagenoeg gelijk is aan nul. Ook zogenaamde biokeramiek, zoals $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, behoort tot het materialenpakket van P&H. Biokeramieken worden niet door het lichaam afgestoten en daarom gebruikt voor implantaten die menselijk been vervangen. We zullen daar verderop in dit artikel nog op terugkomen.

Kwaliteit en precisie

Dat P&H kwaliteitsbewust is, blijkt overtuigend uit het ISO-9002-certificaat, dat op 21 januari j.l. is uitgereikt aan Eugène Hanique door J.M.A. Boulanger van TÜV QA Nederland.

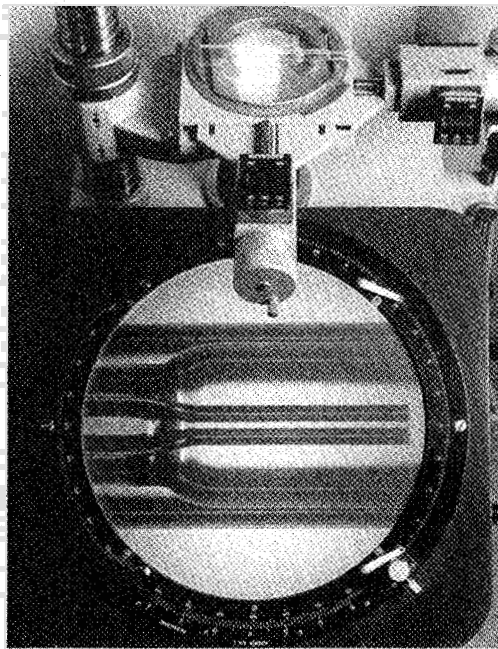
Kwaliteit heeft enerzijds te maken met organisatorische procedures, zie figuur 5, en anderzijds met bewerkingsprecisie. Toleranties van 5 μm zijn haal-

baar bij de "koude" CNC- freesbewerkingen met diamantfreesen. Daarbij wordt gewerkt met zeer hoge toerentallen van het gereedschap, tot zelfs 50.000 omw/min.

Bij "warme" kalibraties van kwartsglazen buizen moet gerekend worden met toleranties van 20 tot 50 μm . Bij die bewerking wordt een tot circa 1500 C verhitte ronde kwartsglazen buis in "stroperige" toestand over een doorn met het gewenste profiel geleid. De buis zakt door zijn eigen gewicht over de doorn, waarvan de afmetingen zijn gecorrigeerd voor de latere krimp door afkoeling.

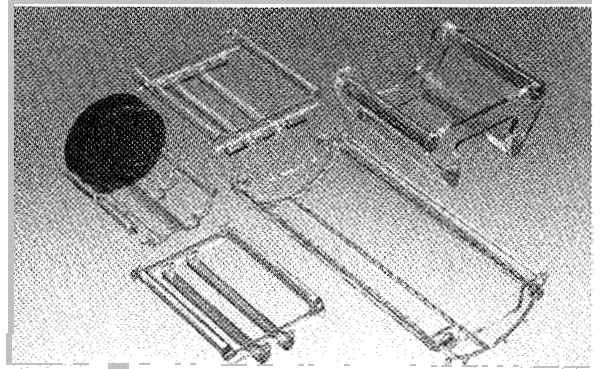
Dragers van submicron-precisie

In een IC-fabriek ondergaan plakken silicium met diameters van 5", 6" en tegenwoordig ook 8" allerlei precisiebewerkingen, met als belangrijkste het belichten met UV-licht in een repeteerprojector ofte-



Figuur 5. Kwaliteitscontrole van een brander.

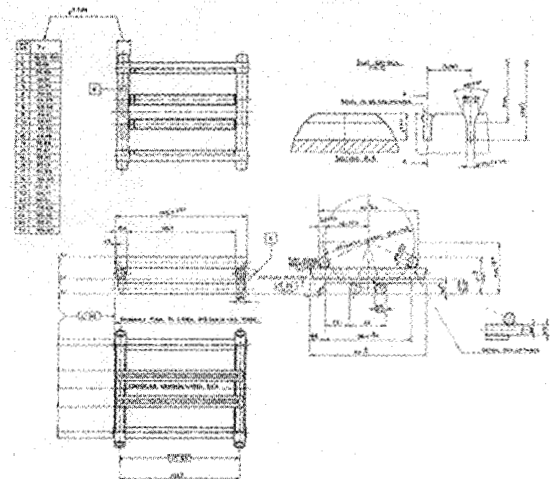
wel waferstepper. Die is, zoals gezegd, in veel gevallen van Nederlands fabrikaat: ASML. De belichting in een waferstepper - tegenwoordig al met een resolutie van 0,5 μm ! - heeft ten doel bepaalde gedeelten van de lichtgevoelige lak waarmee de plak is bedekt, te verwijderen. Daardoor kunnen die delen van het silici-umoppervlak worden blootgesteld aan processen als etsen, opdampen, sputteren, implanteren, oxideren en diffunderen. Sommige van die processen vinden plaats bij hoge temperatuur in ovens (figuur



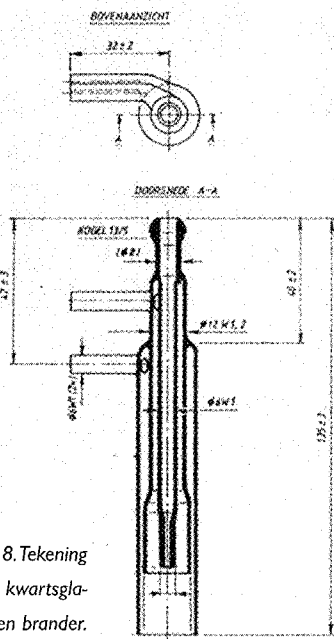
Figuur 6. Kwartsglazen dragers(wafer carriers) voor siliciumplakken,

1), vandaar dus het gebruik van kwartsglas voor de dragers van de plakken, zie figuur 6.

De processen in een IC-fabriek vinden zoveel mogelijk plaats zonder tussenkomst van mensenhanden, aangezien het menselijk lichaam een bron is van verontreinigingen - huidschilfers enz. - die in de buitengewoon stofarme ruimte van een IC-fabriek beslist ongewenst zijn. Dus zorgen robotachtige apparaten voor het hanteren van de plakken. Dat brengt met zich mee dat de plaats van de plakken in hun drager nauwkeurig gedefinieerd moet zijn. Dat is de reden dat er hoge nauwkeurigheidseisen, zie figuur 7, worden gesteld aan wafer carriers: toleranties tot 10 μm . Dat lijkt voor degenen die gewend zijn aan metaalbewerkingen, niet buitengewoon hoog. Voor een "moeilijk" materiaal als kwarts is het halen van toleranties in die orde van grootte echter een zware opgave.



Figuur 7. Tekening van een wafer carrier.



Figuur 8. Tekening van een kwartsglazen brander.

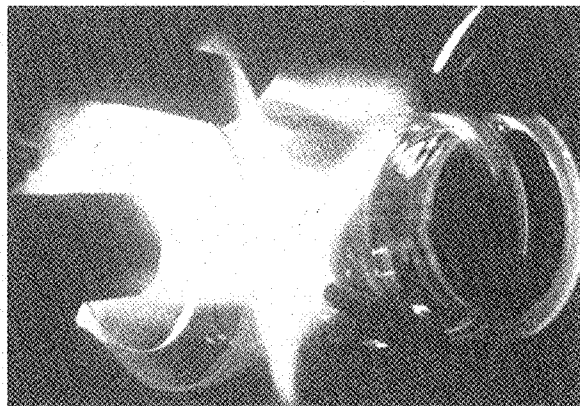
De bewerkingsvolgorde van wafer carriers is zodanig dat allereerst de zijstukken - twee per carrier - uit kwartsglazen plaat worden gefreesd, waarna deze door lassen worden verbonden met de langstaven. Daarbij wordt materiaal toegevoegd: een kwartsglazen "lasstaaf" met een diameter van 1 mm. Het lijkt dus enigszins op autogeen lassen, maar dan wel bij een temperatuur van bijna 2000 °C en zonder dat vloeibaar materiaal in de spleet tussen de te verbinden delen vloeit. Het vraagt daarom nogal wat vakmanschap om te voorkomen dat er zich gasinluitsels vormen, die later

breek zouden kunnen veroorzaken. Bovendien moet een "slimme" bewerkingsvolgorde ervoor zorgen dat er geen ontoelaatbaar hoge spanningen in het product ontstaan. Eventueel moet een tussengloeibehandeling bij circa 1150 °C die spanningen elimineren.

Ten slotte wordt de wafer carrier mechanisch bewerkt: frezen of zagen van de sleuven voor de plakken op een CNC-freesbank. De tolerantie op de sleufbreedte is niet groter dan 10 µm. De tolerantie op de onderlinge positie van de sleuven over de totale lengte - tot 1 m - is vanzelfsprekend ruimer.

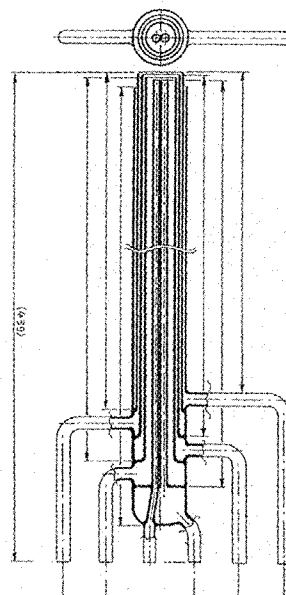
Kwarts bewerken met kwarts

Een van de geheimen van het succes van P&H is de in eigen huis ontwikkelde brandertechnologie. Het bijzondere van deze kwartsbranders (figuur 2) is dat de menging van waterstof en zuurstof - of van propaan en zuurstof - niet in de brander zelf maar juist vóór de brandermond plaatsvindt. Daar zijn twee redenen voor. Ten eerste veiligheid, want de vlam kan niet naar binnen slaan. Ten tweede levensduur, want het kwartsglas van de brandermond smelt niet - of althans minder snel - dan bij een andere constructie. Figuur 8 laat een tekening zien van een zelf ontwikkelde brander voor ICP (Inductively Coupled Plasma). Figuur 9 toont een kwartsglazen brander in heftige actie. Figuur 10 is een tekening van een speciale brander die als "technisch hoogstandje" is



Figuur 9. Een kwartsbrander in actie.

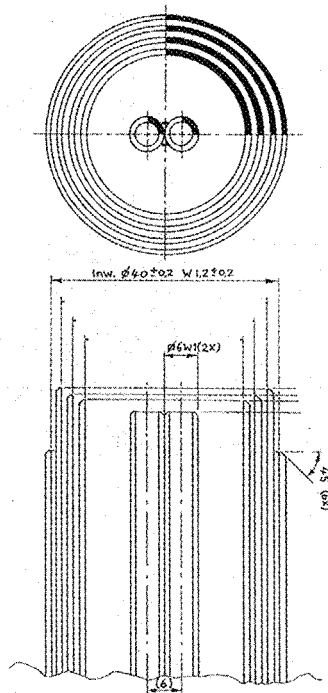
gemaakt met het doel extra procesgas aan de vlam toe te voegen. Vandaar dat die brander meer dan twee aansluitingen heeft. Het detail van figuur 11 geeft enkele maten en toleranties, waaruit blijkt dat ook dit kwartsglazen werkstuk een bewijs van glas-technisch vakmanschap is.



Figuur 10. Tekening van een speciale kwartsbrander met aansluitingen voor extra procesgas.

Keramische implantaten

De reeds genoemde oorimplantaten van calciumfosfaat zijn het resultaat van een succesvolle samenwerking van P&H met de Universiteit Leiden. Dat zogenaamde biokeramiek wordt dus niet door het lichaam afgestoten, en vergroeit soms zelfs met het lichaamseigen kraakbeen. Het materiaal is daarom uitstekend geschikt voor prothesen van de kleine botjes die het trommelvlies verbinden met het eigen-



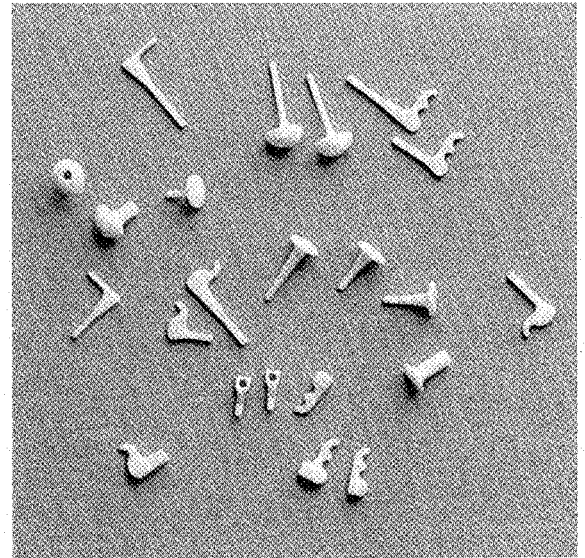
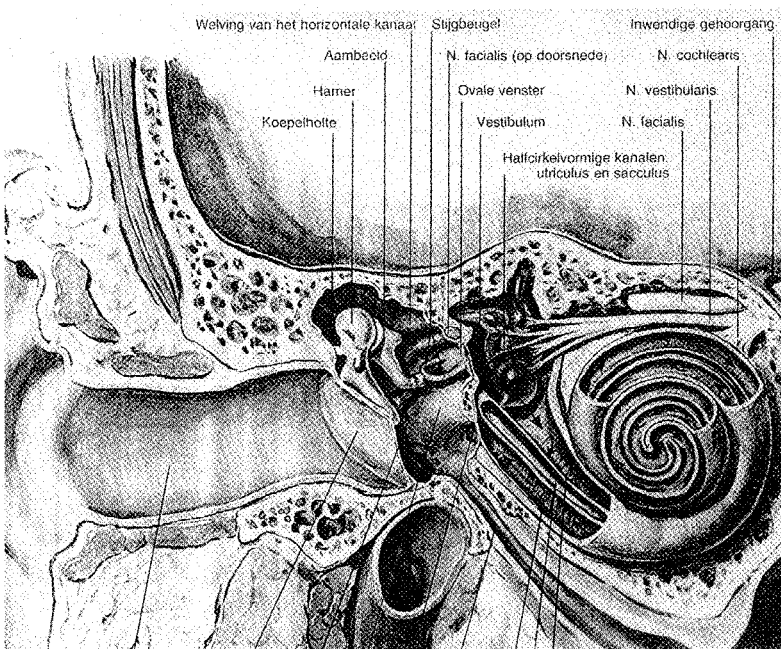
Figuur 11.

Detail van de mond van de experimentele brander van figuur 10.

lijke gehoororgaan: hamer, aambeeld en stijgbeugel. Figuur 12 laat een doorsnede van het menselijk oor zien, waarin die minuscule botjes duidelijk zijn te onderkennen.

Figuur 12. Doorsnede door het menselijk oor, met ongeveer in het midden de gehoorbeentjes hamer, aambeeld en stijgbeugel.

De eisen die aan de oorimplantaten worden gesteld, hebben niet alleen te maken met dimensionele precisie maar ook met de afwerking. Ze moeten niet alleen glad zijn, maar ook keurig afgerond en braamvrij, zodat ze door hun omgeving "vriende-



Figuur 13.

Een aantal keramische oorimplantaten van P&H.

lijk" worden opgenomen. Figuur 13 laat een aantal van zulke implantaten zien. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat er slechts een drietal variaties van die kunstbotjes bestaat. Maar iedere chirurg heeft eigen opvattingen over de meest geschikte vorm van de prothesen, zodat er door P&H een vrij groot aantal soorten wordt gemaakt.

Het maken van de enkele millimeters grote implantaten vindt plaats op de reeds genoemde CNC-freesmachines, die op hun beurt enkele meters groot zijn. Dat verschil in afmetingen lijkt een contradictie, maar de mechanische stabiliteit en de programmeerflexibiliteit van die grote machines zijn de beste waarborgen voor een maximale kwaliteit. Zoals bij alle producten die de werkruimten van Pulles en Hanique Glastechnologie verlaten.

Literatuur

A. Heerding, Geschiedenis van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, deel II, Nijhoff, Leiden 1986.

Het adres van P&H Glastechnologie bv is De Run 4305, 5503 LP Veldhoven
Telefoon: 040-2530700, Fax: 040-2530970.