

# Optical disc mastering

E.J. Mulder

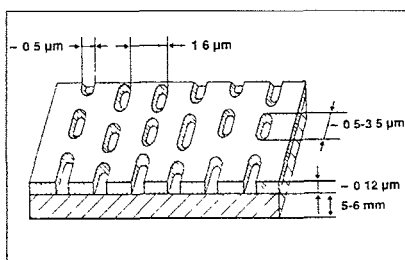
Het fabriceren van optisch leesbare schijven (laserdiscs) voor audio- (Compact Disc), video- (Laservision) en andere informatieopslag (CD-ROM) is een techniek van de laatste tien jaar. Het vastleggen van de informatie gebeurt door het met een laser beschrijven van een masterdisc (mastering) in de vorm van nauwkeurig gedefinieerde putjes (figuur 1) met een dichtheid van meer dan 140.000 putjes per vierkante millimeter, hetgeen overeenkomt met 600 user Megabyte op een CD-ROM.

Omdat bij het beschrijven van de masterdisc ook het spoor waarlangs de putjes worden geschreven wordt gemaakt, is een bijzonder grote nauwkeurigheid vereist van de mastering-apparatuur. Fijnmechanische techniek in de vorm van integratie van mechanica, optica en servo-elektronica is de sleutel bij de ontwikkeling voor deze mastering-apparatuur.

## Het mastering-proces

In het mastering-proces wordt een Laser Beam Recorder (LBR) gebruikt om de informatiestructuur van figuur 1 aan te brengen op het oppervlak van een masterdisc [1,2]. Deze masterdisc is een gepolijste glazen schijf (substraat) waarop een fotogevoelige laag met een dikte variërend van 0,1 tot 0,2  $\mu\text{m}$  is aangebracht. Figuur 2 geeft een schematische tekening van deze LBR. De bundel van de argonlaser (golflengte 459 nm) wordt in intensiteit gemoduleerd (aan en uitgeschakeld) door een snelle lasermodulator. De laserbundel wordt gefocussieerd op de fotogevoelige laag van de masterdisc. Door de gelijktijdige rotatie van de masterdisc en de translatie van het objectief met de  $90^\circ$ -afbuigspiegel wordt een spiraal op de fotogevoelige laag geschreven, die uit een groot aantal belichte punten bestaat. Tijdens het ontwikkelen en etsen wordt de belichte laag verwijderd, waardoor een spoor van putjes ontstaat zoals in figuur 1 wordt weergegeven.

Daarna wordt chemisch een zeer dunne nikkellaag neergeslagen die later langs elektro-chemische weg wordt aange-groeid tot 0,3 mm dikte. De nikkellaag, die de negatieve vorm van het oppervlak



Figuur 1. Putten-structuur op de master en hun afmetingen. De putten vormen in lengterichting een lange spiraal.

van de masterdisc heeft, wordt van de masterdisc afgenomen en dient na een aantal bewerkingen als de matrijs voor het spuitgieten van laserdiscs. Door de eenvoud van het proces en de nauwkeurige beheersing is de variatie van de putdiepte over de gehele disc niet meer dan 5 nm.

Na het lakken met een beschermende lak wordt de rugzijde van de nikkelmatrijs zorgvuldig vlak gepolijst.

Dan volgen er twee bewerkingen die met extreme nauwkeurigheid worden uitgevoerd. Eerst wordt het centrale gat gemaakt en dan de buitenrand.

Na enkele kwaliteitscontroles, waarbij ook de laser beam recorder wordt gebruikt voor het uitlezen van de disc, is deze gereed voor gebruik.

Wanneer men grote aantallen laserdiscs wil produceren, worden van deze (vader)matrijs eerst nog enkele negatieven (moedermatrijsen) gemaakt, waarvan weer (zoon)matrijsen gemaakt worden die gelijk zijn aan de vadermatrijs. Met zo'n (zoon)matrijs kunnen ongeveer 100.000 laserdiscs gespoten worden voordat het einde van de levensduur bereikt is.

Na het spuitgieten van de discs worden deze nog voorzien van een reflecterende

aluminiumlaag, wat nodig is voor het uitlezen door de CD-speler. Daarna worden een beschermende coating en een label, met informatie over de inhoud, aangebracht. De disc is dan gereed om te worden verpakt en naar de afnemers te worden verzonden.

## Vereiste nauwkeurigheiden

De hoge informatiedichtheid op de disc wordt bereikt door de informatiesporen zeer dicht naast elkaar te leggen. De leeskop van een CD-speler kan de putjes-sporen alleen volgen als de putjes zeer nauwkeurig op een voor de CD-speler voorspelbare lijn liggen. Wijkt dit te veel af dan raakt de speler het spoor bijster en is niet meer in staat de informatie van de disc te reproduceren.

Afwijkingen die van belang zijn bij het mastering-proces zijn:

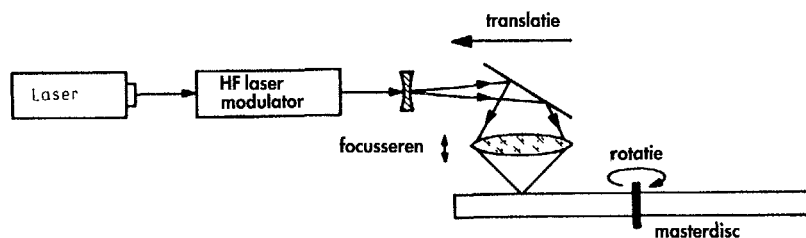
- translatie van de slede,
- rotatie van de masterdisc, en
- focussering van het objectief.

## Translatie

De afstand tussen de verschillende sporen bedraagt nominaal  $1,6 \pm 0,1 \mu\text{m}$ . Als gevolg van deze eis mag de servo-aandrijving van de slede geen grotere afwijking veroorzaken dan 50 nm (onder 500 Hz) en niet meer dan 15 nm tussen 500 Hz en 10 kHz. Om een indruk te krijgen hoe weinig dit wel is, is het aardig om te weten dat een menselijke baard in 5 seconden ongeveer 50 nm gegroeid is.

## Rotatie van de masterdisc

Voor het beschrijven van een spiraal is het noodzakelijk dat er een koppeling bestaat tussen de rotatie van de masterdisc en de radiale translatie van laserbundel. Daardoor moet de rotatie ook voldoen aan nauwe toleranties. Voor



Figuur 2. Schematische tekening van een LBR (Laser Beam Recorder). Van essentieel belang zijn de mechanische nauwkeurigheid van de volgende bewegingen: translatie van de bundel over de masterdisc, de eenparigheid van de rotatie en de focussering van de bundel.

## Optical disc mastering

## CD-geschiedenis

ODM (Optical Disc Mastering B.V.) is een van de weinige ondernemingen die vanaf het eerste begin heeft gewerkt aan de ontwikkeling van optische informatiedragers. Er bestaat een directe relatie met het originele idee aan het eind van de jaren zestig met de producten die ODM tegenwoordig maakt.

De eerste commercieel verkrijgbare CD kwam in 1982 in Japan op de markt. Het daarop volgende jaar bracht Philips de audio-CD op de Europese markt. Deze gebeurtenissen werden voorafgegaan door een veertienjarige ontwikkeling door Philips. De joint-venture overeenkomst tussen Philips en Sony die tevens tot een standaard voor de CD leidde, werd pas eind 1979 getekend.

De eerste ideeën over het vastleggen van beelden op een schijf stammen uit 1968. Het idee was niet alleen interessant, maar leek ook uitvoerbaar, zodat in het begin van de jaren zeventig onderzoek werd verricht door het Philips Natuurkundig Laboratorium. Het eerste probleem dat op-

gelost moest worden was een methode te vinden om het signaal op een geschikte drager vast te leggen (mastering). De replicatie zou later volgen.

De originele opstelling had een open lichtweg met een complexe schikking van lenzen, prisma's en detectoren, zodat makkelijk aanpassingen gemaakt konden worden. Op deze wijze werd werelds eerste optische informatiedrager ontwikkeld, de Laser Vision Disc. De eerste demonstratie voor de pers vond plaats op 5 september 1972. De ontwikkeling werd voortgezet en in 1974 besloot Philips een Laserdisc Mastering-systeem te ontwikkelen in plaats van het nabouwen van de researchopstelling waarmee tot nu toe de masters gemaakt werden. Officieel was dit het begin van de Optical Disc Mastering (ODM)

groep. De harde kern van ODM bestond uit de groep die bij de ontwikkeling van het originele systeem betrokken was.

In het nu volgende jaar (1975) werden twee mastering-recorders gebouwd. Beide werden in de ODM vestiging te Eindhoven genstalleerd en een ervan is nog steeds bruikbaar.

Een druk jaar kwam in 1978 toen ODM het DOR-project - Mega-documentatiesysteem voor kantoordoeleinden, 12 inch schijven, eenmalig te beschrijven en vaak te lezen - startte en tevens een begin maakte met een andere van de videodisc afgeleide vorm: de audio Compact Disc.

Desondanks ging de ontwikkeling van

samenwerking met de Zwitserse professionele recorder en radiostudioapparaatfabrikant — Studer.

Intussen ging de ontwikkeling van mastering-systemen door en in 1985 kwam de doorbraak waardoor een groot tekort aan mastering-systemen ontstond. Orders kwamen van Laservideo, Shape, EMI, MPO, Speciality Records (Warner VS). Ook gingen er systemen naar Mitsubishi en Kuraray in Japan. De Japanse vraag naar audio mastering-systemen was groot, maar ODM had reeds zijn handen vol aan orders uit Europa en de VS.

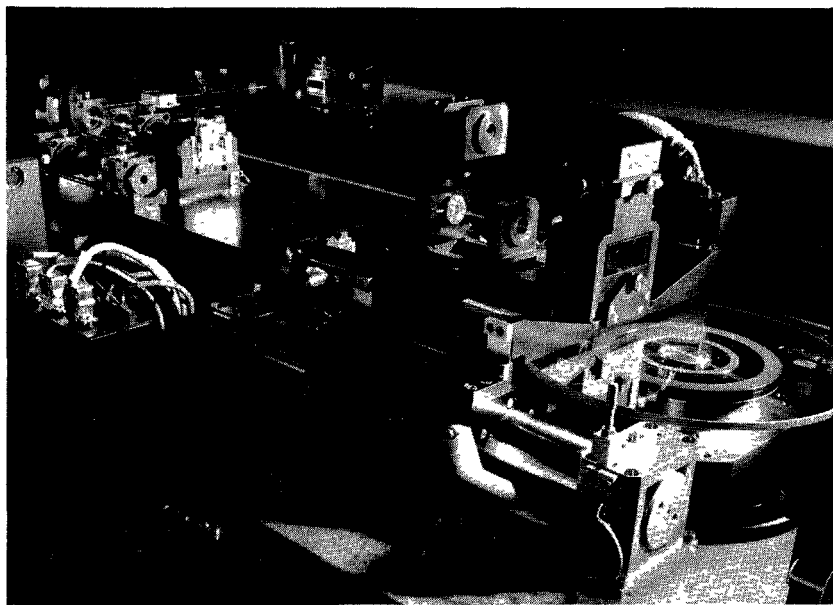
In 1986 was het duidelijk dat een drastische schaalvergroting van ODM nood-

zakelijk was om ook aan de inmiddels sterk gegroeide vraag naar advisering, installatie en onderhoud te kunnen voldoen. In een jaar tijd groeide ODM van 100 naar 200 stafmedewerkers. Kort daarna in 1987 werden twee nieuwe producten, het 5 inch CDV (video-clip) mastering-systeem en de CD-ROM Data Formatter geïntroduceerd.

1987 was ook het jaar dat ODM een BV werd als gevolg van een joint-venture tussen Philips en DuPont (PDO).

Daarna volgde een nieuwe periode van expansie: in maart 1989 was het Integrated Manufacturing System (IMS) ontwikkeld, een complete fabriek waarin het gehele proces vanaf de mastering van de CD tot en met de replicatie en verpakking plaatsvindt. Ook werd een Glas Disc Recycling System ontwikkeld. Uit de verkopen in 1989 werd ook een stijgende interesse uit het Oostblok duidelijk door leveranties aan Hongarije, Tsjecho-Slowakije, Rusland en Bulgarije.

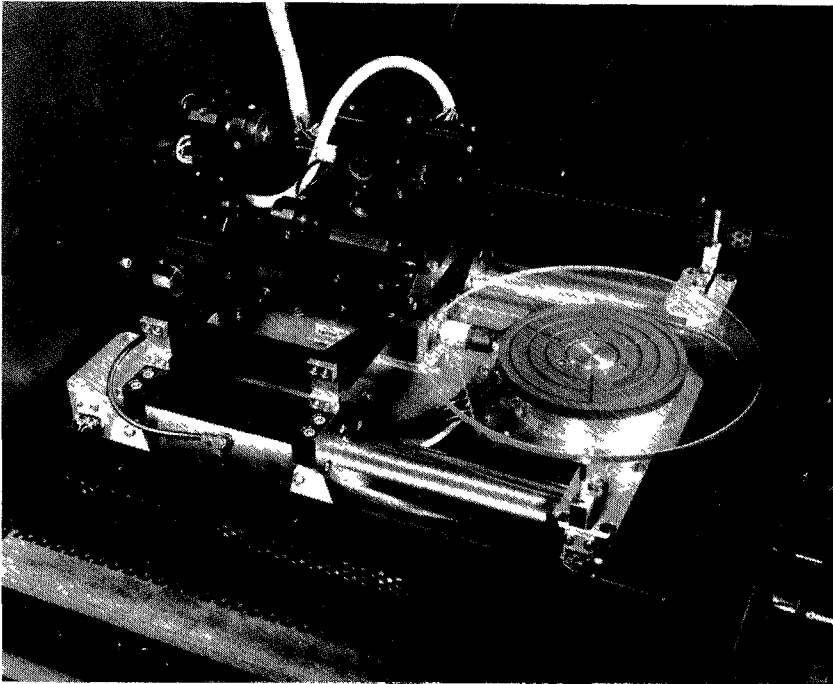
Nog steeds is research en ontwikkeling het meeste vitale onderdeel van ODM - in de afgelopen anderhalf jaar hebben ze 23 patenten toegekend gekregen - en de verwachtingen voor de toekomst zijn hoog gespannen, gezien de vele mogelijkheden die zich nog zullen aandienen.



de Laser Vision Mastering systemen door, zodat in het begin van de jaren tachtig de eerste systemen werden verkocht. De Philips fabriek in Blackburn (GB) was de eerste klant. Dit was in november 1980. Een jaar later werd door 3M in de VS een systeem gekocht en het volgende jaar (1982) kocht ook Sonopress een systeem.

In de tussentijd werd ook aan de CD-speler gewerkt. Rond 1982 had dit een zo vergevorderd stadium bereikt, dat met het masteren en persen van CD's werd begonnen voor de introductie in Hannover in 1983. Daaruit kwamen opnieuw orders voort van 3M en Sonopress.

In 1983 introduceerde ODM een professionele CD-speler, het resultaat van een



Figuur 3. Laser Beam Recorder voor het maken van moedermatrizen voor laserdiscs (Compact Disc, Laservision en CD-ROM). Zichtbaar zijn de glazen masterdisc en de luchtgelagerde slede met de schrijfpotiek. Door de combinatie van mechanica, elektronica en optica is een uniek produkt ontstaan.

een minimale vervorming van het informatiesignaal moet het toerental stabiel (jitter) zijn en per omwenteling binnen 4  $\mu$ s nauwkeurig zijn gemeten bij een rotatiesnelheid van 30 Hz

Tevens mag de as niet slingeren, omdat dit een radiale verplaatsing tot gevolg heeft, die samen met de nauwkeurigheid van de translatie binnen voornoemde 50 respectievelijk 15 nm moet liggen.

#### Focuseren van de laserbundel

De scherptediepte bij mastering ligt bij ongeveer 2  $\mu$ m, afhankelijk van de gekozen golflengte van de laser en de numerieke apertuur. Gedurende het beschrijven van het gehele oppervlak van de masterdisc mag het focuspunt derhalve niet meer dan 2  $\mu$ m afwijken ten opzichte van het te beschrijven oppervlak. Dit stelt eveneens extreme eisen aan de vlakheid van de masterdisc en aan zijn bevestiging op de as.

#### Uitvoering van de bewegingen in de LBR

Figuur 3 toont het inwendige van de LBR en in figuur 4 worden de bewegingen en de opbouw aangegeven die van belang zijn. De nauwkeurigheid hangt naast die van de mechanische constructie ook van de toegepaste regeling af. Halverwege de jaren zeventig, toen de

eerste LBR gebouwd werd, was het niet mogelijk een meetsysteem te vinden dat een resolutie van 5 nm bezat over een lineaire verplaatsing van 150 mm, behalve wanneer men een laserinterferometer gebruikte. Deze had toen behalve zijn prijs nog enkele technische nadelen, zoals optische instabiliteiten veroorzaakt door luchtwervelingen en afhankelijkheid van de luchtdruk. Een teruggekoppeld regelsysteem met de vereiste nauwkeurigheid was toen niet realiseerbaar, waardoor men de keuze op een openloop (zonder terugkoppeling van de uiteindelijke beweging) regelsysteem liet vallen, waarbij alleen het motortoerental nauwkeurig werd geregeld.

#### Rotatie

In principe zou een koppeling van de translatie aan de rotatie een nauwkeurige spiraal op moeten leveren, maar dit is niet met voldoende nauwkeurigheid mogelijk in het nanometergebied. Er blijft dan niets anders over dan de bewegingen afzonderlijk, maar met grote nauwkeurigheid te sturen.

Voor de rotatie van de masterdisc is uitgegegaan van een luchtlager van zeer hoge kwaliteit met een excentriciteit (runout) die kleiner is dan 5 nm. De nauwkeurigheid van de radiale verplaatsing van de laserbundel is daarmee slechts

afhankelijk van de aandrijving van de slede.

Voor de aandrijving van de masterdisc is door een borstelloze DC-motor, gekozen vanwege de afwezigheid van ruis en borstelslijtage, terwijl de snelheid binnen nauwe toleranties geregeld kan worden.

#### Translatie van de slede

De slede is gelagerd met twee lucht-lagers die een zeer nauwkeurige translatie waarborgen zonder zijdelingse verplaatsingen die als afstandsverschillen tussen de putjes (jitter) zouden zijn terug te vinden.

Voor het omzetten van de rotatie van de motor in een translatie van de slede is een vertraging van tenminste 1:1000 nodig. Daarvoor kan gekozen worden uit een schroefspilaandrijving met vertraging of uit een aandrijving met wrijvingswielen. Elk heeft zijn karakteristieke eigenschappen [3].

De *schroefspilaandrijving* heeft een overbepaald contact tussen schroefspil en moer, hetgeen resulteert in speling en stick-slip verschijnselen. Bij extra voorspannen om de speling op te heffen ontstaat extra wrijving. Deze wrijving, gecombineerd met een gebrekkige torsiestijfheid veroorzaakt binnen het vereiste 15 nm gebied een onbepaaldheid van plaats die te grote onnauwkeurigheden bij het beschrijven van de masterdisc tot gevolg zou hebben.

*Wrijvingswielen* daarentegen, mits goed geconstrueerd, zorgen voor een zuiver afrollen zonder tegenwerkende wrijving. Voorwaarde voor een goede overbrenging is enerzijds een voldoende aandrukkraft van de wielen om slip te voorkomen en anderzijds een niet te hoge aandrukkraft waarbij de Hertzspanningen te hoog worden.

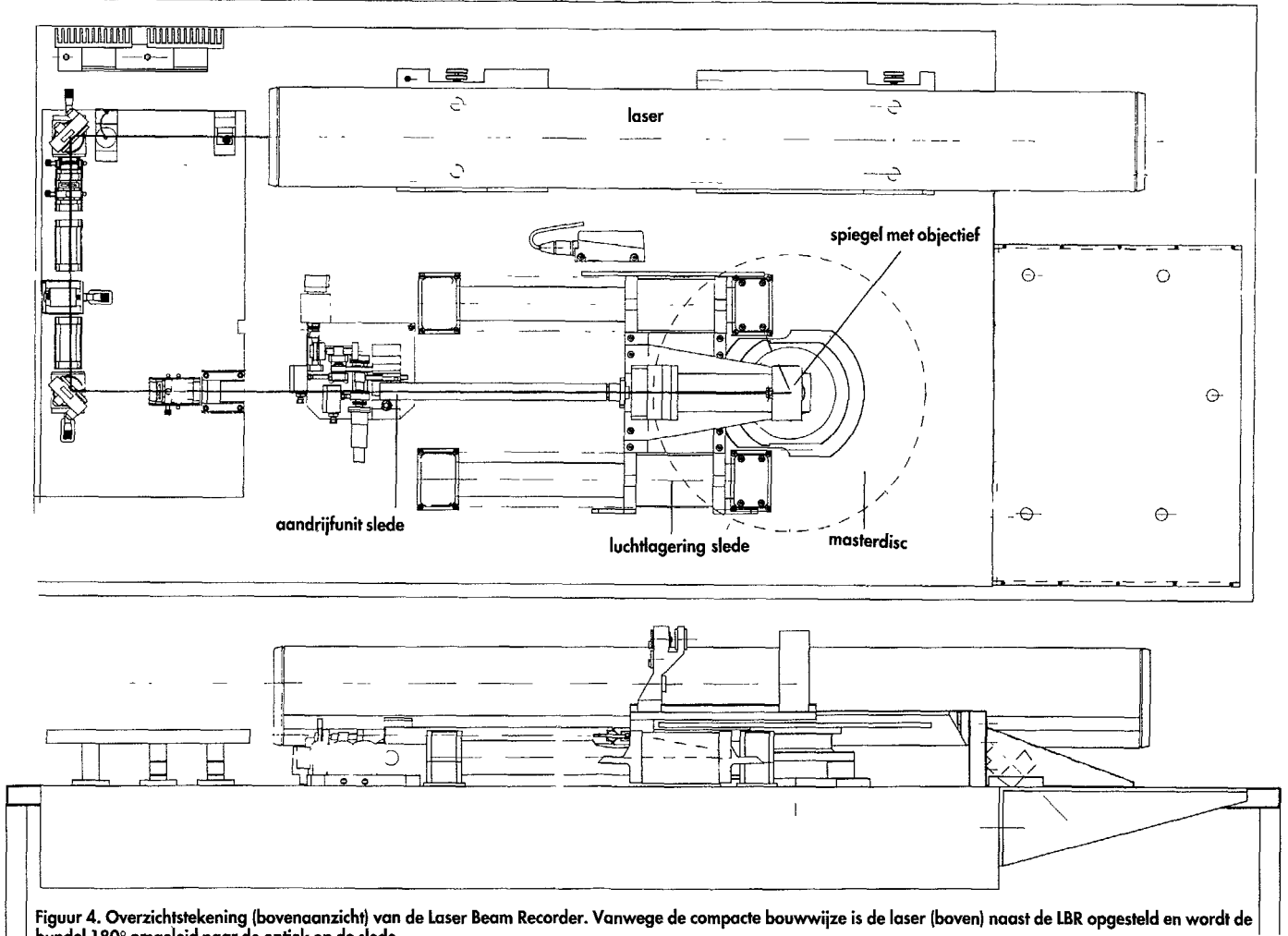
In de LBR wordt een stijfheid gerealiseerd van  $6 \cdot 10^6$  N/m bij een totale reductie van 1.1000. Deze waarde is bepaald uit de gemeten eerste eigenfrequentie (150 Hz) en de massa van de slede (ca. 7 kg) door deze in te vullen in de formule voor de eigenfrequentie van een enkelvoudig systeem:

Figuur 5 geeft een principeschets van een dergelijk aandrijfsysteem. Extra zorg vraagt de hoge mate van evenwijdigheid van de assen die gerealiseerd moet worden om slijtage en hysteresis te voorkomen.

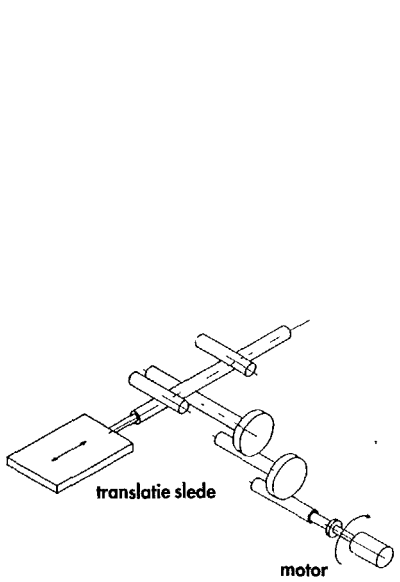
#### Nauwkeurig meten van lineaire verplaatsingen

Sinds enkele jaren is het mogelijk om met

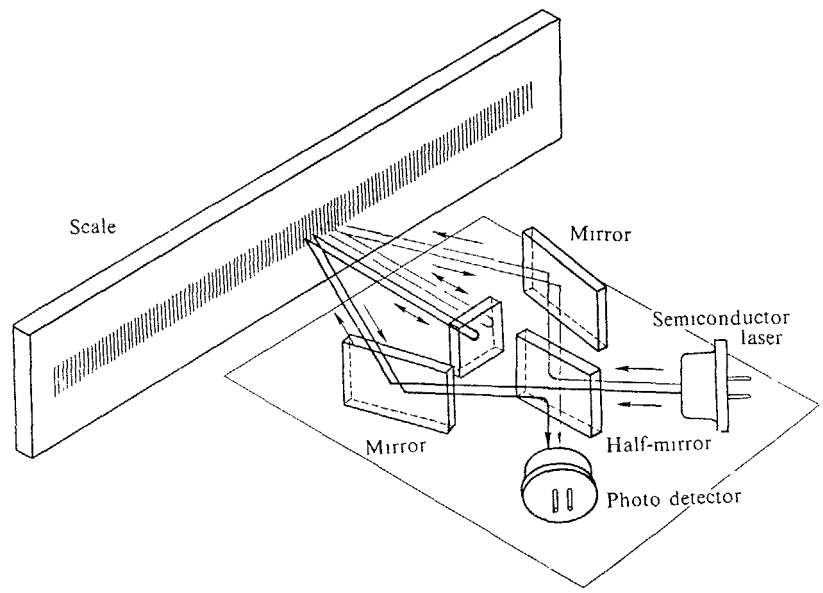
Optical disc mastering



Figuur 4. Overzichtstekening (bovenaanzicht) van de Laser Beam Recorder. Vanwege de compacte bouwwijze is de laser (boven) naast de LBR opgesteld en wordt de bundel 180° omgeleid naar de optiek op de slede.



Figuur 5. Principeschets van de wrijvingswiel-aandrijving van de slede.



Figuur 6. Laser Linear Encoder. Door een laserbundel met behulp van spiegels zowel op de heenweg als op de terugweg op een raster met een steek van 1,6 µm te projecteren, ontstaat op de fotodetector een sinusvormig signaal met een golflengte van 0,4 µm. Door fasemeting kunnen verplaatsingen tot 0,01 µm (10 nm) worden waargenomen.

### Complete laserdisc-fabriek

Het bedrijf Optical Disc Mastering biedt haar potentiële klanten een totaal oplossing, vanaf mastering tot en met replicatie (het vervaardigen van de uiteindelijke laserdiscs). Het systeem is modulair opgebouwd en daardoor makkelijk te installeren.

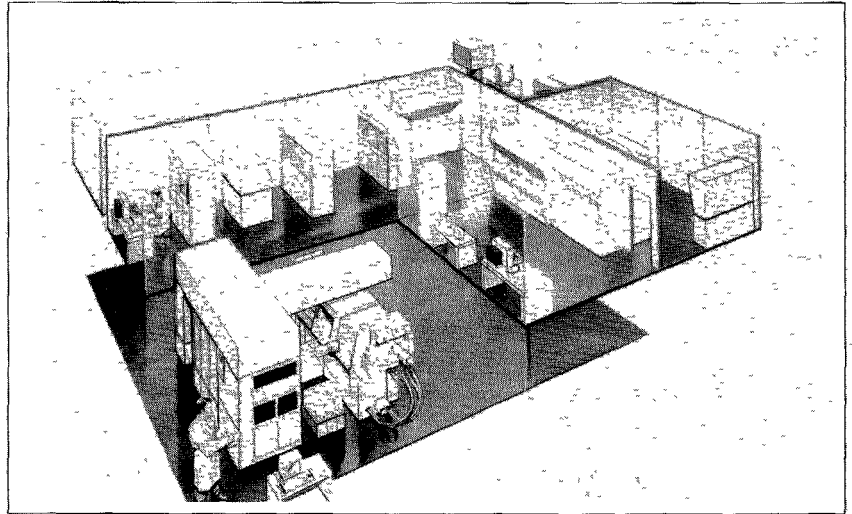
Het begint bij de apparatuur die op banden geregistreerde audio- en video-signalen inleest en codeert voor het beschrijven van de masterdisc. Daarna volgt het nauwkeurig opbrengen van de fotoresist (lichtgevoelige laag), het ontwikkelen na belichting en het wegetsen van de belichte delen waardoor putjes ontstaan. Deze bevatten alle noodzakelijke informatie voor de reproductie van het geregistreerde signaal.

Na deze bewerking wordt chemisch een zeer dunne laag nikkel aangebracht, die later galvanisch wordt opgegroeid tot 0,3 mm dikte. Daarna wordt deze nikkellaag van de glazen masterdisc afgenomen en is een negatieve vorm (matrijs) ontstaan die geschikt is om afdrukken van te maken.

Na lakken en polijsten van het voorvlak worden nauwkeurig het centrale gat en de rand op de juiste plaats aangebracht.

Vervolgens wordt de matrijs in een spuitgietmachine geplaatst en kunnen grote aantallen kunststof-discs worden gespoten, die dan evenals de masterdisc weer een putjesspoor hebben.

De discs worden gebruiksklaar gemaakt met het aanbrengen van een reflecterende laag die nodig is voor het kunnen uitlezen en een beschermende laag waarop tevens het label is gedrukt. Ook het



Figuur 8. Een complete laserdisc-fabriek op 17 x 17 meter. Op de achtergrond de apparatuur voor het omzetten van de audio- en videosignalen in het op de disc te schrijven signaal, de fotochemische behandeling van de glazen masterdisc, het beschrijven, het etsen en het opgroeien van een nikkellaag. De nikkellaag wordt van de masterdisc afgenomen en gebruikt als matrijs voor het persen (spuitgieten) van de laserdiscs (voorground) met een tempo van een disc per zeven seconden.

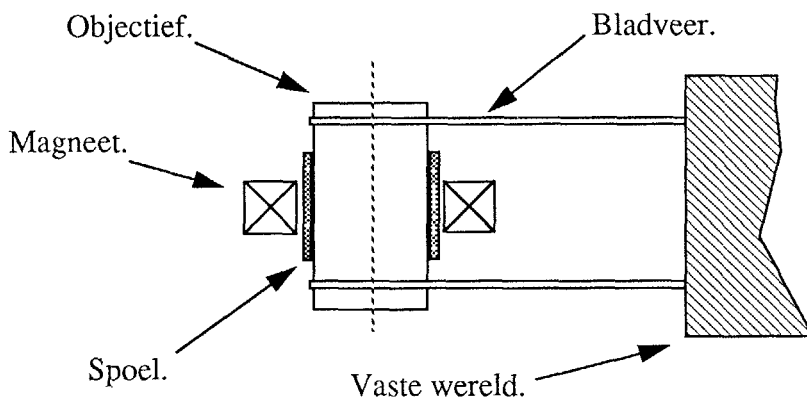
verpakken van de discs in doosjes en in dozen voor verzending behoort tot het systeem.

Het systeem kan worden gehuisvest op een oppervlak van 17 x 17 meter en bestaat uit een viertal containers, waarvan een tweetal wordt gebruikt voor de luchtbehandeling en een tweetal voor het werkelijke proces dat geheel stofvrij moet plaatsvinden. De containers, zie figuur 8, staan achteraan. Linksvoor staat het replicatiegedeelte waar de laserdiscs worden vervaardigd door een spuitgietproces en een aantal andere behandelingen, waaronder het aanbrengen van een reflecterende en een

beschermende laag met label.

De doorlooptijd, dat wil zeggen de tijd die nodig is om van een audio- of videoband de eerste laserdisc te produceren, bedraagt zes uur. De fabricage van alle volgende discs gebeurt met een tempo van een disc per zeven seconden. Met een enkel systeem kunnen zo twee miljoen discs per jaar worden geproduceerd, maar dit aantal kan makkelijk worden verdubbeld door het verdubbelen van de spuitgiet- en verpakkingscapaciteit.

Op deze wijze kan zeer snel op een snel veranderende markt worden ingespeeld.



Figuur 7. Ophanging van het objectief in bladveren. Het focuseren vindt plaats door het bekrachtigen van de spool waarin de lens gemonteerd zit. De grootte van de gewenste verplaatsing wordt bepaald met een speciale optische sensor [1].

een in de handel verkrijgbare Laser Linear Encoder [4] een resolutie van 10 nm te halen. Het meetprincipe is weergegeven in figuur 6. De laserbundel met een golflengte van 780 nm wordt op een fijn raster met een steek van 1,6  $\mu\text{m}$  gebracht via een halfdoorlatende spiegel die de bundel in tweeën splitst. Het resulterende eerste-orde refractiepatroon wordt door het raster gereflecteerd naar een spiegel die het opnieuw op het raster reflecteert. Er ontstaat een nieuw paar eerste-orde bundels die terug gaan via hetzelfde lichtpad. Vanwege de halfdoorlatende spiegel worden de eerste-orde bundels op de fotodetector gepositioneerd. Als nu het raster over eenmaal de steek verplaatst, verplaatst de fase van elke eerste-orde bundel met  $2\mu$ . Omdat het licht het raster tweemaal pas-

## Optical disc mastering

seert is de totale fase verplaatsing  $4\mu$  per spoorsteek. De spoorsteek van het raster is  $1,6\mu$ , waardoor tijdens de verplaatsing een sinusvormig signaal van de fotodetector komt met een steek van  $0,4\mu$ . Dit sinusvormige signaal wordt verder verwerkt in een signaaldeler (CI40-2), zodat een resolutie van 10 nm verkregen wordt.

### Focuseren van het objectief

De actuator voor het focuseren van het objectief is een eenvoudige magneetspoel waarbinnen de lens is opgehangen tussen bladveren, zie figuur 7. Ook hier geldt dat een zeer nauwkeurige spelings- en hysteresevrije beweging gemaakt moet worden, zodat een bladveer-parallelgeleiding of een luchtlager de enige constructief bruikbare oplossingen zijn. De positie wordt contactloos gemeten door middel van een speciale optische techniek (Foucault-prisma [1] pag 192) en wordt teruggekoppeld.

### Toekomstige ontwikkelingen

De optical disc technologie heeft een sterke overeenkomst met de chiptechnologie, daar waar het de toename van de informatiedichtheid betreft. Mechanisch kan de informatie dichtheid worden gerealiseerd door het verkleinen van de steek (nu  $1,6\mu$ , zie figuur 1), gecombineerd met het toepassen van een laser met een kleinere golflengte, waardoor de putten smaller en korter kunnen zijn. Dit zal weer resulteren in nauwere toleranties op de positionering van de putten en van de mastering-apparatuur. Een toename van de schrijfdichtheid met een factor twee mag binnen vijf jaar worden verwacht.

Voor de LBR betekent dit dat dergelijke nauwkeurigheden alleen gerealiseerd kunnen worden als er ook nauwkeuriger meetssystemen zijn, die geschikt zijn voor het terugkoppelen van de positie. Daarin zal nog veel ontwikkeling moeten plaatsvinden.

Voor de mechanica zullen verhoogde eisen gelden ten aanzien van de stijfheid

en het ruis- en trillingvrij zijn. Steeds meer dan nu het geval is zullen computerprogramma's voor modale(trilvorm) analyse en de eindige elementen methode de gereedschappen zijn om deze extreme eisen met redelijke zekerheid te kunnen realiseren.

### Literatuur

- [1] Bouwhuis, G ed, Principles of Optical Disc Systems, Adam Hilger Ltd, Bristol 1985
- [2] Pasman, J H, H F Olijhoek en B Verkaik, Optical Mass Data Storage, SPIE Vol 529 1985, pp 62-68.
- [3] Hansen, H J, A S Madux, Comparison of three High Precision Linear Axis Positioning Systems, Proc 4th Int Prec Eng Sem Cranfield, G B
- [4] Canon Laser Linear Encoder, specification sheet, Canon Europe N V London

Ing E J Mulder is constructeur bij ODM "Optical Disc Mastering" BV te Eindhoven en betrokken bij de ontwikkeling van professionele recording- en replicatieapparatuur

'Er is altijd wel een functie te vinden die werkt'

## LUCY zet zwaargehandicapte aan het werk

LUCY, een mens/machine-interface ontwikkeld aan de TU Delft stelt zwaar lichamelijk gehandicapten in staat om te werken en actiever deel te nemen aan de maatschappij. Zo werkt inmiddels een vanaf de geboorte zwaar spastische jonge vrouw als CAD-ontwerper bij een bedrijf dat sanitair.e hulpmiddelen en aanpassingen ontwikkelt voor gehandicapten. LUCY is een lichtvlekbestuurd 'toetsenbord' dat wordt aangesloten op een PC. Het apparaat is geschikt voor gevallen met vrijwel totale verlamming, waarbij nog enige restfuncties aanwezig zijn, zoals dwarslaesie en MS/ALS-patiënten, poliopatiënten, mensen met spierverlammingen en wellicht in de toekomst ook zware spastici. Een ervaren gebruiker kan er makkelijk 100 tekens per minuut mee halen. Omdat het toetsenbord een 'lichtkrantje' bevat en ook kan worden voorzien van een spraakchip, is Lucy een ideaal mobiel communicatiemiddel dat zich makkelijk mee laat nemen in de rolstoel. Het handige

apparaat kost slechts 4000 gulden. Inmiddels zijn er veertig exemplaren verkocht, terwijl een veelvoud daarvan in bestelling is.

"Lucy is waarschijnlijk het beste middel om de gehandicapte uit z'n sociaal isolement te halen", stelt prof.dr .ir. Henk G. Stassen van de vakgroep Mens-Machine Systemen in het onderzoeksblad Delft Integraal. "Met het apparaat houd je de mensen actief bezig en dus uit de verpleeginrichtingen en op die manier kun je besparen op de intensieve zorg. Dat is de economische kant. Daarnaast werk je mee aan het levensgeluk van zwaar gehandicapte mensen, die met 'Lucy' en een PC een volwaardige arbeidsplaats kunnen bezetten"

Bij de Faculteit Werktuigbouwkunde van de TU Delft is bijna twintig jaar gewerkt aan het ontwerp en de perfectionering van LUCY. Het oorspronkelijke idee was het bouwen van een lichtvlekbesturing om een schrijfmachine te kunnen bedie-

nen.

Twintig jaar research, zeven prototypes en een kleine twee miljoen gulden aan onderzoekskosten resulteerden uiteindelijk in LUCY.

De interface kent twee besturingsmogelijkheden: directe aanwijzing met een lichtpen of met een matrixbesturing in samenhang met een stopknop of ademstoot via een slangetje in de mond. Dat heeft voor met name Multiple Sclerose of Amyotrofe Lateraal Sclerose-patiënten (een op MS lijkende ziekte die zich veel sneller kan ontwikkelen) het psychologisch zeer positieve effect dat de gebruiker bij een lichamelijke terugval toch met hetzelfde apparaat kan werken.

De prijs van Lucy is zo laag, dat de gebruiker voor de gesubsidieerde aanschaf geen tijdrovende goedkeuringsprocedure hoeft te doorlopen bij het hoofdkantoor van de Gemeenschappelijke Medische Dienst.