

# Excimeerlaser in de glas- en keramiekindustrie

en - en vaak onbekende - mogelijkheden

**In twee hoofdstukken geeft dit artikel de mogelijkheden van het gebruik van excimeerlasers voor de glas- en keramiekindustrie weer. Het eerste geeft een productietechnische beschrijving van de excimeerlaser. Daarbij wordt duidelijk dat de betekenis van deze technologie vanwege de grote mogelijkheden voor materiaalbewerking snel toeneemt. Het tweede laat aan de hand van enkele treffende voorbeelden zien hoe breed de technologie kan worden toegepast. Daarbij gaan we ook in op de grote economische en kwalitatieve voordelen ervan.**

## Procestechnisch overzicht

### Groeiende betekenis voor industriële materiaalbewerking

De excimeerlaser is een nieuw gereedschap in de industriële materiaalbewerking. Na al bijna twee decennia met succes in de wetenschap te zijn toegepast, heeft dit lasertype sinds een jaar of acht ook naar de industrie zijn weg gevonden. Producten die met behulp van deze technologie worden bewerkt – bijvoorbeeld brillenglazen, inkjet-schrijfkoppen, aansluitdraden voor schrijf- en leeskoppen in computerpanelen, keramiek-condensatoren, vlakke beeldschermen voor moderne laptop- en notebook-computers – zijn uit het leven van alledag niet meer weg te denken. De buitengewone eigenschappen van de excimeerlaser, vooral de mogelijkheid tot zeer precieze fijn- en micromateriaalbewerking zonder warmte-inbreng maken dit lasertype bijzonder interessant als gereedschap voor de bewerking van glas en keramiek.

### Lasertypen voor de industriële glas- en keramiekbewerking

Industriële materiaalbewerking met laser wordt tegenwoordig in vrijwel alle gevallen uitgevoerd met CO<sub>2</sub>-, Nd:YAG- en excimeerlasers. Nd:YAG- en CO<sub>2</sub>-lasers produceren licht in het infrarode deel van het spec-

trum, zie tabel 1. Het licht van een Nd:YAG-laser wordt door de meeste typen glas zo slecht geabsorbeerd, dat glasbewerking met dit type laser niet mogelijk is. Het licht van een CO<sub>2</sub>-laser wordt daarentegen weer in sterke mate geabsorbeerd. Bij een standaard CO<sub>2</sub>-laser is echter sprake van thermische bewerking: het glas wordt lokaal opgewarmd tot het smelt en/of verdampt. Daarbij ontstaan thermische spanningen, die het glas niet kan opnemen. Het gevolg is beschadiging van het glas door microscheurtjes, plaatselijk uitbreken van schilfers, splinters en afspringende deeltjes.

De excimeerlaser is een gepulste gaslaser. Afhankelijk van de gebruikte lasergassen wordt ultraviolet laserlicht met een golflengte tussen 351 en 157 nm geproduceerd, zie tabel 1. De voornaamste eigenschappen van de excimeerlaser zijn:

- korte golflengte (UV-laserlicht),
- hoog pulsvermogen (1-50 MW),
- hoge gemiddelde capaciteit (bij industriële lasers tot 200 W),
- korte laserpuls-tijdsduur (10-50 ns).

De excimeerlaser is de enige lichtbron die deze eigenschappen combineert.

### Opbouw van een excimeerlaser-materiaalbewerkingsinstallatie

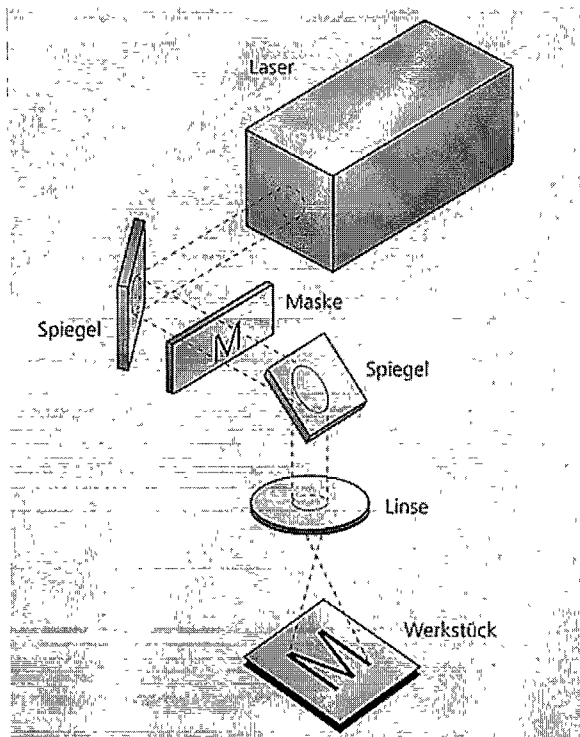
Bij CO<sub>2</sub>- en Nd:YAG-lasers wordt de laserstraal doorgaans op het werkstuk gefocusseerd. Door de relatieve beweging van de laserstraal ten opzichte van het werkstuk worden markeringen, snijcontouren, lastrajecten en dergelijke gerealiseerd. Installaties voor materiaalbewerking met een excimeerlaser worden meestal uitgevoerd op basis van de zogenaamde maskertechniek. Vanwege de grote doorsnede van de laserstraal (recht-hoekig, 5-15 bij 25-35 mm) en de grote laserintensiteiten ligt deze techniek als het ware voor de hand, want zij maakt gelijktijdige bewerking van grotere

Tabel 1 De belangrijkste industriële lasers en kenmerkende maximale capaciteiten voor toepassingen in de fijn- en micromateriaalbewerking (bij de excimeerlasers is tussen haakjes het lasergas weergegeven)

Lasertype	Golflengte (nm)	Capaciteit (W)
CO <sub>2</sub>	10.600	500
Nd:YAG	1.064	500
Excimeer	351 (XeF)	100
	308 (XeCl)	200
	248 (KrF)	150
	193 (ArF)	75
	157 (F <sub>2</sub> )	3

## Excimeerlaser in de glas- en keramiekindustrie

**Figuur 1a**  
Schematische opbouw  
van een excimeerlaser-  
bewerkingsinstallatie op  
basis van masker-pro-  
jectietechniek  
(Afbeelding Lambda  
Physik)



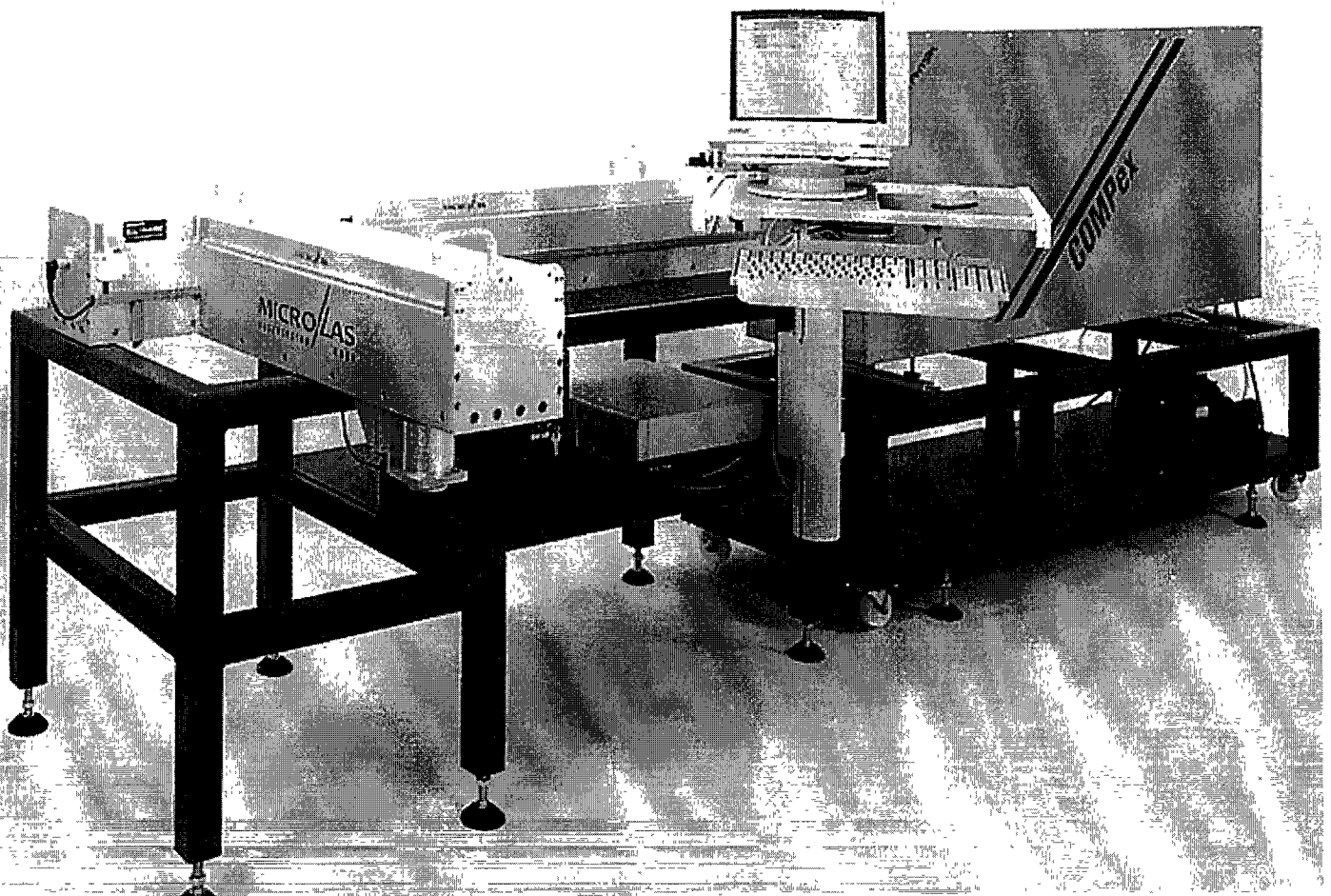
**Figuur 1b** Werkelijke  
opstelling voor het mer-  
ken van brillenglazen  
De te merken glazen  
worden onder de tubus  
op het tafelblad (boven  
de tweede poot op de  
voorgond) geplaatst.

werkstukoppervlakken mogelijk. Bij de maskertechniek kunnen we twee varianten onderscheiden: het contact- en het projectieproces.

### Masker-contactprocédé

De laserstraal wordt via één of meer spiegels naar het te bewerken oppervlak geleid. Vlakbij of direct op het werkstuk bevindt zich een masker, dat de totale bewerkingsinformatie bevat. Bij lasermarkeren de tekst, logo en dergelijke, bij het laserboren het boorpatroon, bij het laserstructureren de in het werkstuk aan te brengen structuur enzovoorts.

Is de laserstraaldoorsnede groter dan het vlak met de maskerinformatie, dan kan deze in haar geheel met één enkele laserpuls op het werkstuk overgebracht worden. Is dat niet het geval, dan wordt per puls alleen het door de laserstraal belichte deel van de maskerinformatie op het werkstuk overgebracht, de totale informatieoverdracht gebeurt dan in een pulstraject. Daarbij wordt de laserstraal over het masker bewogen of beweegt het masker-werkstuksysteem zich onder de



## Excimeerlaser in de glas- en keramiekindustrie

laserstraal door. Deze beweging en de puls-frequentie van de laser vinden synchroon plaats.

Figuur 1a geeft de schematische opbouw van een excimeerlaser-installatie die werkt volgens het masker-projectieproces. Figuur 1b toont het systeem. Bij deze techniek wordt het masker, en daarmee de bewerkingsinformatie, door middel van een lens op het werkstuk afgebeeld. Evenals bij het contactproces kan de totale maskernormatieve met één laserpuls, aangebracht worden, bij grotere maskers door middel van een pulstraject en een gesynchroniseerde beweging van de laserstraal.

### Vergelijking van beide processen

De voornaamste voordelen van het contactproces liggen in de eenvoudiger, robuustere constructie en de geringere investeringen.

De nadelen van het contactproces zijn:

- Het masker wordt even intens als het werkstuk bestraald. Dat beperkt de maximaal toepasbare energiedichtheid tot een waarde ruim onder het niveau waarbij het masker beschadigd wordt. Het toepassingsbereik - qua wijze van toepassing en materiaal - wordt beperkt, de bewerkings-tijd verlengd.
- Bij het contactproces raakt het masker vervuild door deeltjes die bij het proces vrijkomen vanuit het werkstuk. Deze vervuiling evenals de hoge energiedichtheid leiden tot een grotere slijtage van het masker.
- Bij het projectieproces wordt het masker doorgaans

verkleind op het werkstuk afgebeeld. Dat maakt de productie van aanzienlijk kleinere structuren met een duidelijk betere scherpte mogelijk.

Voor het kunststof- en het kleuromslagmarkeren wordt het masker-contactproces veelvuldig toegepast. Voor het bewerken van glas en keramiek (graveren, boren, structureren enz.) daarentegen is deze variant ongeschikt, omdat de voor het verwijderen van materiaal vereiste energiedichtheid ( $>1 \text{ J/cm}^2$ ) tot onmiddellijke beschadiging van het masker zou leiden.

### Flexibiliteit

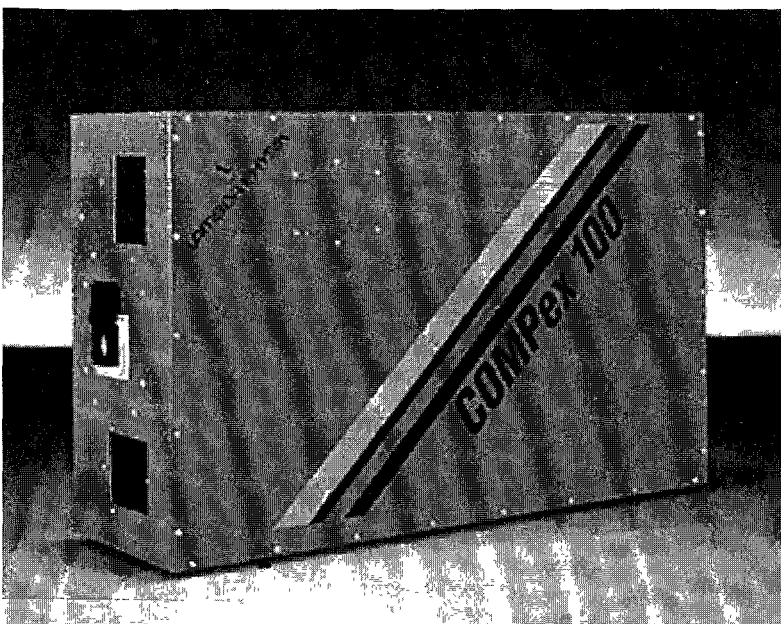
Flexibiliteit is een belangrijke eis die aan bewerkingsinstallaties voor moderne industriële productie wordt gesteld. De excimeerlaser komt aan deze eis meer dan enig ander gereedschap tegemoet, want de bewerkingsinstallaties op basis hiervan zijn volledig computerge-stuurd. Een centrale computer bestuurt en controleert de gehele installatie tijdens de inschakel-, bedrijfs- en uitschakelfase. Dat houdt ook on-line tests en zelf-diagnose van alle essentiële systeemfuncties en -toestanden in. Het totale proces is met de computer bestuurbaar. De wijziging van een opschrift, boorpatronen, structureringen enzovoort gebeurt door het masker te verwisselen. Voor de verschillende productie-eisen staan verschillende maskersystemen zoals stapel- of schijfmaskers ter beschikking. Het masker met de actuele informatie wordt automatisch (bij geringe eisen aan de flexibiliteit nu en dan ook met de hand) in de laserstraalbaan geplaatst. Bovendien worden alle parameters die van belang zijn voor het effect op het materiaal, zoals de lasercapaciteit, puls-frequentie en dergelijke vanuit de software, dus automatisch, ingesteld.

Door de computer van de installatie kunnen randapparaaten zoals werkstuktransportinrichtingen maar ook complete productielijnen bestuurd worden. Standaard input-poorten maken verder de configuratie van de laserinstallatie mogelijk door externe apparatuur zoals een centrale computer. De volledige computerbesturing maakt een eenvoudige integratie van de excimeerlaserinstallatie in een (volautomatisch) productieproces mogelijk met in het verlengde Computer Integrated Manufacturing (CIM) en Just-in-time productie.

### Materiaalbewerking met excimeerlasers: kenmerken

Het oplossend vermogen van het opusche systeem van een lasermateriaal-bewerkingsinstallatie, zie figuur 2, is evenredig met de golflengte van het toegepaste laserlicht. Dankzij de kortere golflengte van de excimeerlaser kun-

Figuur 2 Lambda-excimeerlaser van de COMPex-serie compacte industriële lasers voor integratie in (automatische) productielijnen en bewerkingscentra, het grondoppervlak dat door de apparatuur in beslag wordt genomen varieert van 0,40 tot 0,55 m<sup>2</sup> (afbeelding Lambda Physik)





Figuur 3 Demonstratie van de mogelijkheden van de excimeerlaser in de fijn- en micromateriaalbewerking een menselijke haar, door de excimeerlaser voorzien van tekst (Afbelding Lambda Physik)

nen daarom bewerkingen met een fijnheid en nauwkeurigheid gerealiseerd worden die buiten het bereik liggen van de CO<sub>2</sub>- en Nd YAG-laser, zie figuur 3. Met de excimeerlaser wordt probleemloos een oplossend vermogen van minder dan 10 nm bereikt. Door de juiste keuze van het optische systeem kunnen submicrometerstructuren gerealiseerd worden.

Glas en keramiek laten vooral voor de kortere excimeerlaser-golflengten een grote absorptie zien. Het excimeerlaserlicht wordt in een uiterst dun laagje aan het oppervlak van het werkstuk (0,1-1 μm) volledig geabsorbeerd. Dat maakt een effectieve en zeer precieze bewerking (materiaal verwijderen, boren, markeren enzovoort) mogelijk. Glas en keramiek worden door de intensieve laserpuls plaatselijk gesmolten en verdampt. Bij het verdampen ontstaat een drukgolf, die de restproducten van het smeltproces uit de bewerkingszone wegblaast. Met het materiaal wordt vrijwel de totale in het werkstuk ingebrachte laserenergie uit de bewerkingszone afgevoerd. Hoewel het hier dus om een thermisch proces gaat, is er vrijwel geen sprake van opwarming van het werkstuk.

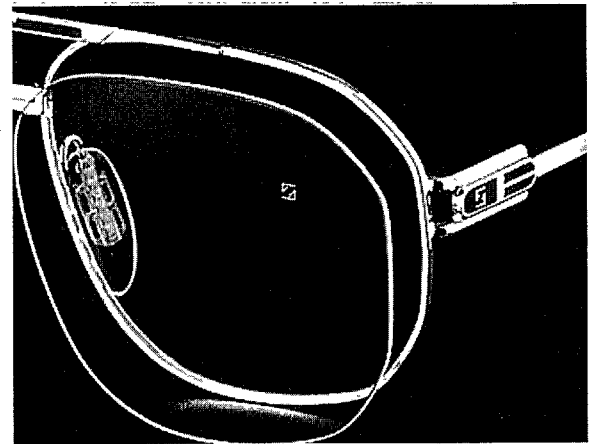
De energie van de fotonen in het excimeerlaserlicht ligt in het bereik van de bindingsenergie van de te bewerken materialen. Excimeerlasers zijn daarom – anders dan CO<sub>2</sub>- en Nd-YAG-lasers – niet alleen in staat om thermisch maar ook fotolytisch te bewerken (fotolyse, ontleding onder invloed van licht). Bij de fotolytische bewerking blijft het werkstuk absoluut koud. Oplossend vermogen, precisie en 'koude' bewerking maken de excimeerlaser tot een interessant gereedschap voor de fijn- en microbewerking van glas en keramische materialen.

### Voorbeelden van toepassing in de industriële materiaalbewerking

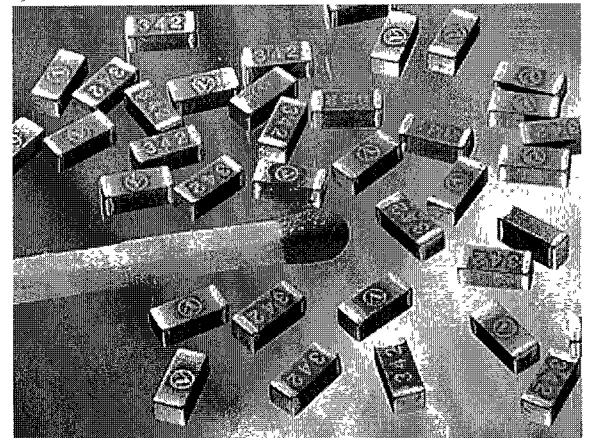
#### Markeren van glas, met brillenglazen als voorbeeld

De markering van brillenglazen is wel de meest alledaagse toepassing van de excimeerlaser, zie figuur 4. De markering gebeurt door een gedefinieerde minimale verwijdering van materiaal van 0,1 mm per puls. Het resultaat is een permanente gravering van het logo van de fabrikant die de drager van de bril niet hindert. Redenen voor de toepassing van de excimeerlaser zijn hier:

- hoge kwaliteit en goede reproduceerbaarheid van de markering,
- geen mechanisch contact met het brillenglas door het gereedschap (de laserstraal) en daardoor geen directe mechanische belasting noch gevaar voor beschadiging,



Figuur 4 Brillenglas, gemarkeerd door een excimeerlaser (Afbelding Carl Zeiss, Aalen)

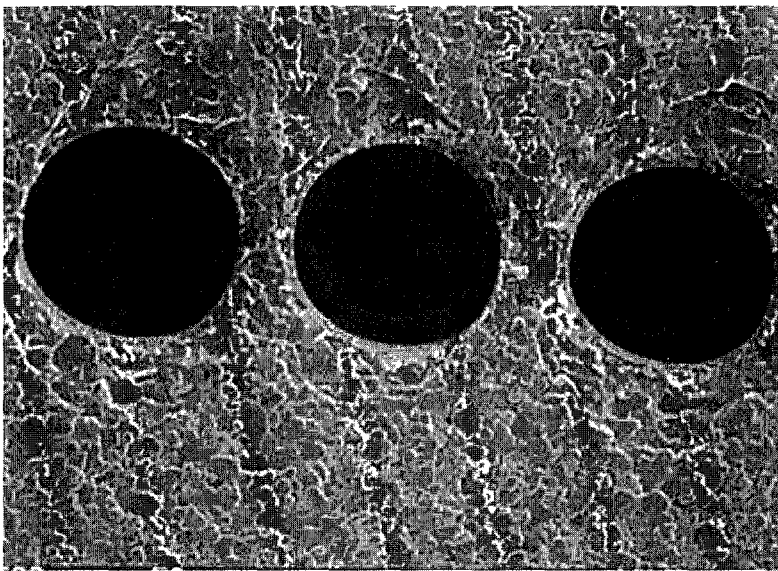


Figuur 5 SMD-keramiek condensatoren gemarkeerd met behulp van de excimeerlaser (Afbelding Lambda Physik)

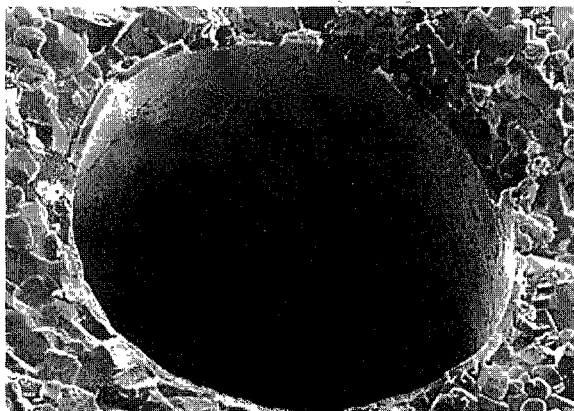
## Excimeerlaser in de glas- en keramiekindustrie

- geen thermische belasting van de brillenglazen, dus met name geen microscheuren, uitbreken van schijfers en dergelijke, de breukvastheid van de glazen blijft volledig intact,
- duurzame markering, bestand tegen afwrijven, chemicalien en licht;
- waarborg tegen vervalsing kentekens die met de excimeerlaser zijn aangebracht blijven tot in het extreme intact, en ze zien er onder de microscoop anders uit dan met traditionele technieken of met CO<sub>2</sub>- en Nd YAG-lasers aangebrachte kentekens,
- geen gebruik van 'traditionele' verbruiksmaterialen (inkt, vloeistoffen, oplosmiddelen en dergelijke) die geregeld nagevuld, verwisseld, afgevoerd en afgewerkt moeten worden, de daarmee samenhangende voorbereidende werkzaamheden, stilstandstijden, schoonmaakwerkzaamheden vervallen, loonkosten worden gereduceerd,
- economische aantrekkelijk.

Figuur 6 Werkstuk van Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-keramiek met een dikte van 0,6 mm, waarin gaten met een diameter van 50 µm en een onderlinge afstand van 10 mm zijn geboord (Afbeelding MicroLas Lasersystem GmbH, Göttingen)



Figuur 7 Vergroting van een van de gaten van figuur 6. (Afbeelding MicroLas Lasersystem GmbH, Göttingen)



Andere toepassingen van de excimeerlaser voor het markeren in de glasindustrie zijn de markering van medische en chemische glasverpakkingen zoals ampullen, diamanten en spiegels.

### Markeren van keramische materialen, met SMD-condensatoren als voorbeeld

Het markeren van keramische SMD-condensatoren, zie figuur 5, is een standaardtoepassing van de excimeerlaser. De condensatoren worden continu of stapsgewijs door de markeerzone gevoerd. De markering van een condensator gebeurt met één enkele laserpuls. De maximale bewerkingssnelheid wordt daardoor alleen door de maximale puls frequentie van de laser en de maximale verplaatsingssnelheid van de condensatoren beperkt. Snelheden van 100 markeringen per seconde en hoger zijn momenteel voor excimeerlasers geen uitzondering. Ook snel bewegende componenten vormen geen probleem: de extreem korte laserpuls garandeert haarscherpe markeringen zelfs bij transportsnelheden van 100 m/s en meer.

Redenen om de excimeerlaser bij het markeren van SMD-keramiekcondensatoren te gebruiken zijn

- hoge markeersnelheden,
- hoge kwaliteit en goede reproduceerbaarheid van de markering;
- bij markering door kleurverandering geen thermische beïnvloeding, geen microscheuren, geen verandering van mechanische of elektrische eigenschappen van de condensatoren,
- de markering is bestand tegen chemicalien, afwrijven, vingercontact, licht, hoge temperaturen die optreden aan het oppervlak van de condensatoren,
- de markering vrijwaart tegen vervalsing (denk aan merkbescherming, productaansprakelijkheid),
- geen gebruik van 'traditionele' verbruiksmaterialen (inkt, vloeistoffen, oplosmiddelen),
- economisch aantrekkelijk proces.

### Boren

Terwijl het boren van kunststoffen met de excimeerlaser tegenwoordig heel gebruikelijk is, staat het excimeerlaserboren van glas en keramiek nog in de kinderschoenen. En juist daarbij zijn de mogelijkheden buitengewoon groot. Voorbeeld: in 0,6 mm dik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> keramiek, zie figuur 6, zijn met een excimeerlaser gaten van 50 µm met een onderlinge afstand van 10 µm aangebracht. De kwaliteit van de bewerking, zie figuur 7, is hoog: de boorranden vertonen geen

braamvorming en de wanden zijn glad. Van thermische beïnvloeding van het materiaal die de sterkte van het onderdeel zou kunnen ondergraven - denk aan microscheuren - is geen sprake

Toepassingen voor het excimeerboren van glas en keramiek zijn

(doorlopende)gaten in keramische printplaten,

- keramische inspuitsstukken in verbrandingsmotoren, keramische sproeimonden van inkjet-apparatuur, microscopisch kleine verdeelkoppen voor het spinnen van textiel,
- vloeistoftransportkanalen in doseersystemen,
- montagegaten in beweegbare optische elementen (draaibare spiegels, prisma's en dergelijke),
- testen en kalibreren van monsters in het kader van de kwaliteitscontrole, (Voorbeeld glasampullen worden uit het productieproces genomen, met een excimeerlaser geboord - gatdiameter in de orde van grootte van  $10\ \mu\text{m}$  - en weer in het productieproces teruggevoerd, de verkregen exacte boring in de ampullen maakt testen en kalibreren in de productielijn mogelijk, dergelijke monsternames kunnen ook uitgevoerd worden met glazen verpakkingen van

medische en chemische producten, in de glazen omkapselingen van elektronische componenten en in glazen doorvoerstukken).

### Structureren van glas, met als voorbeeld ijkmonsters

Het aanbrengen van ijkpatronen op glaasjes van microscopen, maatbekers voor chemicaliën en dergelijke gebeurt met de masker-projectietechniek. Het masker met het ijkpatroon wordt via de lens verkleind op het werkstuk afgebeeld. Een laserpuls verwijdert, afhankelijk van de gekozen laserintensiteit, een laag van  $0,1$  tot  $0,5\ \mu\text{m}$ . Via het aantal laserpulsen wordt de diepte van de patronen exact ingesteld. Andere toepassingen zijn het structureren van glazen justeerhulpstukken en broedcel-telkamertjes.

### Het aanbrengen van optische tralies in lichtgeleiders

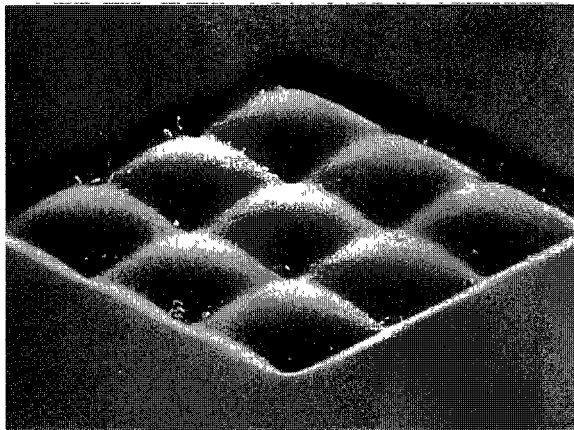
Door middel van masker- of interferometertechniek wordt op het oppervlak van de lichtgeleider een ruimtelijke periodieke verdeling van de excimeerlaser-intensiteit gerealiseerd. Met één afzonderlijke, sterke puls kan in de lichtgeleider zodoende een ruimtelijk variërende brekingsindex en daarmee een optische tralie worden aangebracht. Deze werkwijze is ook tijdens het vezeltrekproces mogelijk.

Signaallicht dat door een op deze wijze gestructureerde lichtgeleider loopt, wordt door de tralie afgebogen. De feitelijke buigingseffecten hangen af van de golflengte van het opvallende licht. Bij een op de tralie constante afgestemde golflengte kan het signaallicht ter plaatse van de tralie gereflecteerd en/of via de tralie uit de lichtgeleider worden afgevoerd. Omgekeerd is via de tralie de zijdelingse toevoer van signaallicht in de lichtgeleider mogelijk. De excimeerlaser-structurering van lichtgeleiders opent interessante mogelijkheden voor de telecommunicatie en vezeloptische sensortechniek. Optische tralies die tot stand worden gebracht met een excimeerlaser zullen in de nabije toekomst onder andere te vinden zijn in lasers, optische versterkers, reflectoren, banddoorlaatfilters, golflengte-multiplexers en temperatuur-, druk- en treksensoren.

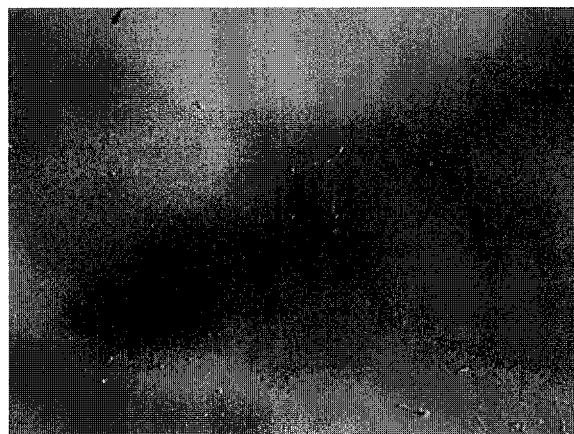
### Micromechanica en -optica

De belangstelling voor micromechanische en micro-optische componenten is snel groeiende. Hier opent de excimeerlaser brede perspectieven. Figuur 8 en 9 geven een beeld van de mogelijkheden van deze lasers bij de bewerking van glas en keramiek. Mechanische compo-

Figuur 8 Glas dat van een structuur is voorzien met behulp van een excimeerlaser, celgrootte  $25 \times 25 \times 8$  mm, onderlinge afstand  $8\ \text{mm}$  (Afbeelding Exitech Ltd, Oxford, UK)



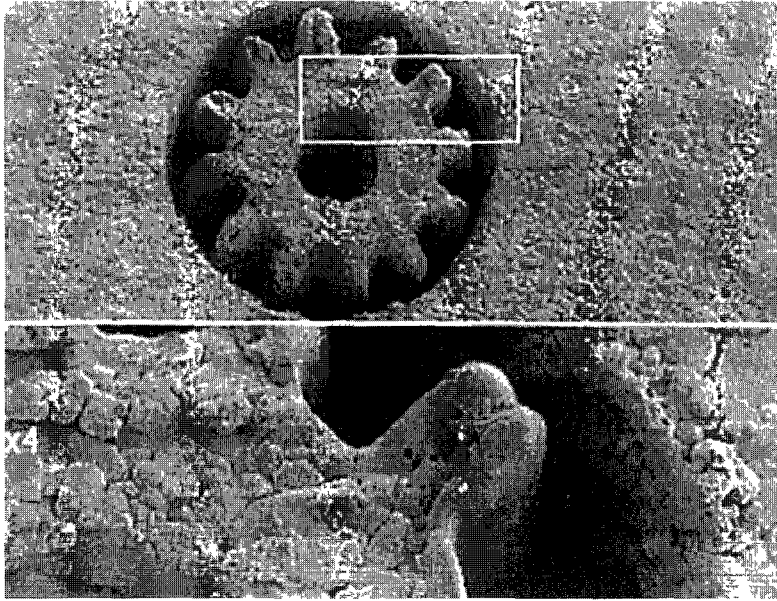
Figuur 9 Dun ( $30\ \text{mm}$ ) glas, dat met een excimeerlaser is voorzien van een structuur (Afbeelding Laserzentrum Hannover)



## Excimeerlaser in de glas- en keramiekindustrie

Figuur 10 Tandwiel uit  $Al_2O_3$  dat geproduceerd is met een excimeerlaser, dikte 600  $\mu m$ , diameter 120  $\mu m$   
(Afbeelding Lambda Physik, Göttingen)

nenten uit glas die door de excimeerlaser zijn vormgegeven zoals onderdelen voor microvloeistofsystemen (micromengers, chemische reactoren en dergelijke) zullen binnenkort de drempel van laboratorium tot praktisch gebruik komen. Het keramische tandwiel van figuur 10 (dikte 600  $\mu m$ , diameter 120  $\mu m$ ) is door middel van excimeerlaser-maskertechniek geproduceerd door laag na laag te verwijderen. Ondanks de geometrie



en de materiaaleigenschappen – denk aan de smelt- en verdampingstemperatuur, de hardheid, de brosheid en de scheurgevoeligheid van het materiaal – heeft de bewerking een uitstekende afwerkwaliteit van de randen als resultaat. Het oppervlak toont sporen van een smeltproces. Thermische spanningen blijven echter beperkt tot het micrometerbereik. Microscheuren treden niet op, een vermindering van de sterkte van het onderdeel kan niet worden vastgesteld.

Figuur 11 toont een spiraalpatroon op een glazen lenzenstelsel met een oppervlak van 600 x 600  $\mu m$  dat verkregen is door structureren met de excimeerlaser. Aan dergelijke zeer kleine lenzen bestaat een grote behoefte in de telecommunicatie, sensortechniek en medische wetenschap. Voorbeelden: microlenzen voor lichtgeleiders en laserdioden, speciaal gestructureerde lenzenstelsels voor optimale belichting en/of waarneming van meetvelden, lenssystemen voor verlichtings- en inspectie-straalgangen in miniatuurendoscopen.

### Reinigen

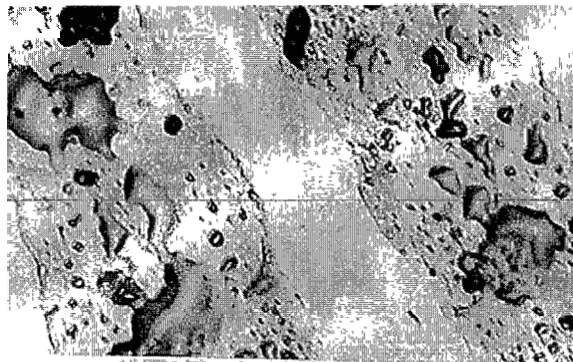
Het reinigen door middel van excimeerlasers mag rekenen op toenemende belangstelling vanuit de elektronica en de optische techniek. Bij excimeerlaser-reinigen treft de laserstraal het te reinigen oppervlak en verwijdert wat zich daarop heeft vastgezet, zoals:



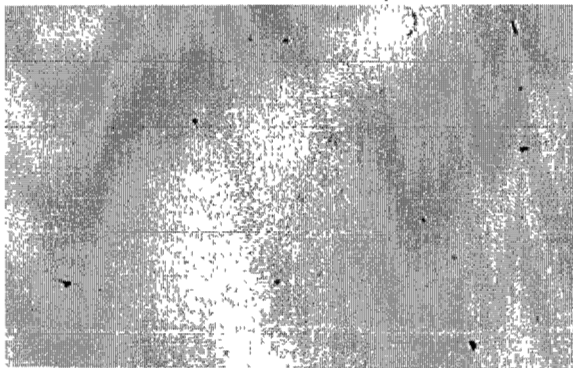
Figuur 11 Met een excimeerlaser gestructureerde glaslens afmeting 600 x 600  $\mu m$   
(Afbeelding Laserzentrum Hannover)

## Excimeerlaser in de glas- en keramiekindustrie

Figuur 12 Reinigen met de excimeerlaser het verwijderen van een vingerafdruk van een glasoppervlak met één enkele laserpuls (Afbeelding dr YF Lu, National University of Singapore)



(a) — 100  $\mu\text{m}$



(b) — 20  $\mu\text{m}$

- thermisch verdampen van aanslag,
- foto-dissociatie van de moleculen waaruit de aanslag bestaat,
- verwijdering van een opgebrachte reinigingsvloeistof door een drukgolf

Voordelen van het excimeerlaser-reinigen zijn

- eenvoudige proces;
- verwijdering van afzettingen die op chemische wijze moeilijk weg te krijgen zijn,
- geen of zeer weinig gebruik van water,
- geen gebruik van chemicaliën en daarmee samenhangende werkvoorbereiding-, kosten- voor verbruiksmaterialen, afvoer- en veiligheidsproblematiek,
- eenvoudige inpassing in productielijnen (de installatie neemt slechts geringe ruimte in, de laser kan ook buiten de eigenlijke productielijn worden opgesteld terwijl het laserlicht via spiegels naar de reinigingsplaats wordt overgebracht),
- flexibiliteit onder andere door volledige computerbesturing van het gehele proces

Voorbeelden van toepassingen voor het excimeerlaser reinigen zijn:

- elektronische industrie reinigen van IC-displays,

glasmaskers, siliciumplakken, chips, elektro-optische componenten,

- optiek, zie figuur 12 verwijderen van vingerafdrukken, stof, vet, kunststofrestanten op ramen, lenzen, spiegels, tralies – een bijzondere toepassing vormt de reiniging van telescoopspiegels,
- restauratie verwijderen van aanslag op antiek glaswerk, bijvoorbeeld atmosferische erosieproducten op kerkramen

### Samenvatting

De excimeerlaser heeft zich de laatste jaren een vaste plaats verworven in de industrie. Dat is enerzijds te danken aan de ontwikkeling in de richting van steeds kleinere mechanische, elektronische en optische componenten en anderzijds aan de toenemende eisen ten aanzien van kwaliteit, flexibiliteit en economie van de productieprocessen

De excimeerlaser is voor de fijn- c.q. microbewerking van glas en keramiek als het ware voorbestemd. De laser werkt extreem precies en subtiel, zonder schade aan de omgeving te berokkenen. Veel productietechnische oplossingen en productinnovaties kunnen pas verwezenlijkt worden door inzet van een excimeerlaser. De voornaamste hindernis voor een bredere inzet van dit type laser is in feite onwetendheid op het onderhavige terrein bij de potentiële gebruikers. Hier ligt nog een hele taak voor de producenten en leveranciers van excimeerlaser-systemen.

Lambda Physik is technologisch toonaangevend op het gebied van gepulste lasers voor industrie, medische toepassingen en wetenschap. Gesticht in 1971 als spin-off van het Max Planck-instituut ontwikkelde het zich tot een bedrijf met 250 medewerkers in Göttingen met vestigingen in Japan en de VS. In 1995 was de omzet DM 70 miljoen. In 1992 werd door Lambda Physik en Jenoptik de joint venture Micro-Las opgericht. Op het gebied van excimeer- en gepulste kleurstoflasers heeft Lambda Physik een zeer groot aandeel op de wereldmarkt. Meer dan 1000 excimeerlasers zijn in verschillende takken van de industrie in gebruik voor onder andere de toepassingen die in het voorafgaande artikel als "Voorbeeld" zijn genoemd. Inrichtingen: Optilas B.V., Alphen aan den Rijn. De heer P.A. Drok. Tel. 0172-44 60 63; Fax: 0172-44 34 14, e-mail: optilas@euronet.nl of optilasbv@compuserve.com