



# 일본 InterOpto 2001 & 도시바 기술연수

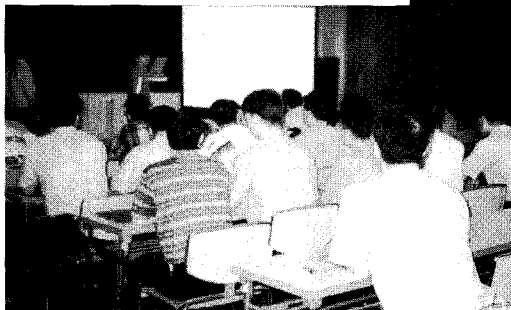
지난 7월 16일부터 19일까지 한국광학기기협회 주관으로 InterOpto 2001 참관과 일본 도시바기계(주)의 공장 견학을 주요 일정으로 한 일본연수가 실시됐다. 본 고에서는 연수 참가자들의 보고서 내용을 중심으로 InterOpto 2001 전시회 및 도시바공장 견학, 세미나 내용 등을 순서대로 발췌·정리해 보았다.<편집자 주>



InterOpto 2001



도시바 공장견학



주요 광기술 세미나



# 전 세계적 화두로 떠오른 광통신 분야 전시 주류

## 일본 InterOpto 2001 개최

일본 광산업기술진흥협회(OITDA)가 주최한 'InterOpto 2001'이 지난 7월 16일부터 19일까지 일본의 마쿠하리멧세 국제 전시장에서 성황리에 개최됐다.

일본을 중심으로 국내외 기업 및 학회 등 약 332개사가 참가한 이번 전시회에서는 광재료에서부터 광소자 및 부품, 광기기 및 장치, 광응용 시스템 등 다양한 분야에 걸쳐 전시가 이뤄졌는데, 특히 가장 눈에 띄는 것은 전시규모가 70% 가까이 차지할 정도로 광통신 분야 일색이었다.

많은 업체들이 광통신 분야에 깊이 몰두하고 있음을 단적으로 보여주었다.

광통신 분야 중에서도 광Fiber, 광Module (LD, PD), 광계측기(파장, power, FFP 등), Materials, Housing, Fiber Align MC Laser Spot Welder Flip Chip Bonder 등이 주로 출품됐다.

C-Lens, Grin-Lens와 같은 광학계로 구성된 현재 상용중인 Collimator와 차세대 PM Fiber Collimator 등이 선보였으며, 세라믹 등 신소재를

이용한 광통신용 부품과 장비 등도 눈에 띄었다.

렌즈 쪽은 전시회 전체 규모중 10% 정도의 비중으로 전시됐는데 렌즈가공 및 코팅관련으로 X-Cube와 PBS, 아크레이(주), 아사히광학(주), NIDEK(주) 등의 업체들이 참여했다.

렌즈와 관련해 광fiber의 정밀 align을 통한 광 분배기 역할 쪽의 응용분야인 MEMS 기술을 이용하고 부가가치가 높을 것으로 보이는 Micro 렌즈가 많은 눈길을 끌었다.

레이저분야는 전시회 전체 규모의 20% 정도의 비중으로 전시됐는데, 주로 fast repetition rate(femto second), high power(UV- 7W이상)의 경향을 보였고, 또한 IR 레이저에서 UV 레이저로, Flash lamp에서 Diode pumped 방식으로 전이되는 경향을 보여줬다.

이중 UV 레이저를 DPSSL로써 7W이상의 출력을 보유한 레이저 업체는 Spectra-Physics, Coherent, Cyber Laser 등 세 개 업체이다.

이밖에 광학소재 부문은 지난 1998년 당시 일본의 원소재 종류 간소화 이후 거의 변화없이 현재까지 이어져 오고 있는 가운데, 전 세계 광학소재 공급 점유율의 대부분을 차지하고 있는 Schott, Ohara, Hoya에서 참가했고, 이들중 Hoya-Schott의 합자모델의 개발제품을 선보이기도 했다.

한편, 일본 국내 경기의 장기 불황과 침체 여파로 전시회의 전반적인 규모는 전년대비 하락한 것으로 나타났는데, 반면 한국의 참가업체 및 관람객이 증가했고 정밀렌즈 분야가 급부상한 것도 하나의 특징이었다. 우리나라에서는 광산업진흥회의 별도 1개 부스를 포함해 국내 업체 7~8개 부스(업체)가 전시했다.



▲ 본 협회 김영균 부장과 (주)금광의 김광석 사장. 금광은 이번 전시회에 주력제품인 DPSS Nd:YAG Module을 출품했다.

## 해외 전시회 참관기 InterOpto 2001'를 다녀와서...

글/(주)에이알아이 부설연구소 오병준 소장

지난 7월16일부터 19일까지 일본 마쿠하리 전시장에서 개최되었던 'InterOpto 2001'는 300여 업체가 참가하여 Opto electronics 분야에 재료, 광부품, 광소자, 광학부품, 광응용 장치, 광제조장비 등 다양하게 전시했을 뿐만 아니라 4일간 세미나를 개최하여 관련업체/인원의 많은 눈길을 끌었다. 본인은 이번 전시회에서 관심이 많았던 광부품 제조장비 위주로 서술하겠다.

광부품 모듈 제조공정은 크게 Align, Fixing, Welding, Packaging 등으로 대별될 수 있다. Coaxial Type의 Laser Welding장비는 작년에는 Newport, Moritex 정도만 출품했는데 올해는 추가로 Suruga, Toshiba, Kohzu사 등이 출품했으며 가격도 Newport사는 30~35만달러(\$) 수준에서 2000~2500만엔(¥)수준으로 많이 내렸다. 특히 Moritex와 Toshiba에서는 LD와 Sleeve의 평탄도를 맞추기 위해 Stage에 Floating Unit를 적용했으며 기술적으로 Up-Grade된 부분이었다.

Splitter, ONU Module, Fiber array용 등으로 사용되는 Align장비로는 Suruga, Toshiba에서 Peak Search Machine을 출품했으며, Moritex에서는 자사의 비전기술을 이용하여 WDM Device의 편심 측정기와 단심 Ferrule의 편심측정기를 출시하였다.

Packaging에서의 Flip chip Bonder는 Karl Suss의 FC250, Mitaka의 FAMIC-5는 출품하였지만 Toray는 전시하지 않았다. 양사 공히 Mounting 정밀도가  $\pm 1\mu\text{m}$ 이었던

며 이 정도를 구현키 위해 Machine Vision을 이용한 위치 보정 기술과 Head의 Force Control기능, 온도 Control기술 및 열변형을 고려한 설계, 산화 방지를 위한 불활성 Gas의 분위기 등 많은 핵심기술이 포함되어 있었다.

한편 Toshiba의 Shibaura공장을 방문해서 회사소개와 함께 공장을 둘러보며 렌즈 정밀 가공기와 정밀 Glass 성형기의 제작과정을 살펴보았다. 특히 GMP(Glass Molding Press) 성형기는 온도와 제어기술이 필요한 정밀 소성장비로 1대의 Loader /Unloader을 이용하여 사용할 수 있도록 배치하여 양산시에도 많은 Space을 줄일 수 있었다.

이번 InterOpto 2001전시회에는 국내업체들 Fibernett, 빛과전자, Opteron, Zinus, Optoway, Optorun, 동우, 우리로, Folab, Snu Precision 등이 참가하였으며 Snu Precision은 비전을 이용한 Ferrule 검사장비를 Desk Top 로봇을 이용하여 개발해 호응이 좋았다.

이번 전시회에서도 국내 업체뿐만 아니라 관련자들이 대거 관람하였는데 해외로 많은 눈을 돌려서 하루 빨리 기술적인 Level Up이 되는 계기가 되었으면 한다.



▲ InterOpto 2001 전시회장 전경.



## 첨단 광학기술 현장을 가다

### 도시바(TOSHIBA) 공장 정밀기계 사업부 견학

연수 일정중 둘째 날인 7월 17일은 일본의 도시바기계(주)를 견학하는 날이었다.

이날 견학한 곳은 정밀기계사업부로 정밀가공기 제작현장과 글라스 성형기 작업현장이었는데,

현장을 견학후, 도시바 기계 제품을 소개받고 질문하는 식으로 일정이 진행됐다.

#### 도시바기계(주) 소개

- 회사 역사 : 1942년 4월 설립(59년의 역사)
- 부지 및 건물 : 약 225,000m<sup>2</sup>/약 129,000m<sup>2</sup>
- 종업원 : 약 1,500명
- 설명 및 면담자 :

- 精密機器事業部 事業部長 横山 三自
- 精密機器事業部 専任技師長 勝木 雅英
- 精密機器營業部 營業部長 小山田 豊
- 精密機器營業部 課長 島村 和弘

도시바 사는 세 개의 공장내에 /부품 자체가 공 사업부/가공기 가공·성형 사업부/가공금형 부분사업부/공작기계사업부-성형기기사사업부/압



▲ 도시바 공장 앞에서 단체 기념 촬영을 갖은 본 협회 연수단.

출성형사업부/반도체사업부/도시바 기계제어 시스템 사업부/공작 기계사업부(정밀 기계사업부, 3년전에 통합됐다.)/기기가공부/Q·C부 등 총 10개의 사업부로 구성돼 있다.

이 중 한국광학기기협회 일행이 방문한 공장은 정밀기계 사업부로서 주로 렌즈 가공기, 성형기, LCD 확산판의 정밀 가공기 등을 제조하는 공장이다. 정밀기계 사업부는 다시 정밀 가공기, 정밀 글라스 성형기, 정밀 금형 등으로 구성되어 있는데 견학을 한 곳은 정밀 가공기 제작 현장과 글라스 성형기의 작업 현장이다.

#### 정밀기계 사업부 주요 제품

- UMP : 액정용 FRONT/BACK, RIGHT 용 도광판 금형, 렌즈 금형
- ULG/ULC : 플라스틱 렌즈 금형, 렌즈 금형, 결합렌즈 금형
- GMP : GLASS 렌즈 금형, 폴리건 미러, FIBER 어레이 부품
- USM : 잉크젯용 헤드, FIBER 어레이 부품, 광 필터

#### 1. ULG series(High Precision Apheric Grinder)

: 정밀구면 가공기로서 2축 동시 제어에서 5축 제어까지 여러 모델이 있다. 이송정밀도, 분

해능은 1nm이며, Aerostatic Spindle을 채용하고 있는데 주목할 만한 것은 이것의 가공시 자동화기계가 아닌 수작업으로 이뤄진다는 것이다. 또한 가공시 도면의 진원도 Spec은 0.1 $\mu$ m, 원통도 1 $\mu$ m이다.

2. UMP 4550. / UVM 350.

: 현재 모든 제품이 경량화, 소형화, SLIM화하고 있어 전에는, 예를들면 BACK LIGHT UNIT의 도광판이 점점 얇아지고 있어 PRISM 무늬를 아예 금형에서 해결할 수 있도록 1NANO의 분해능으로 대처하고 있다.

3. GMP series(Glass Molding Press Machine)

: Glass사출기로서 Lamp Unit, Machine Construction, Process, Controller, Control Panel, Molding Dies, Monitor로 구성되어 있다. 사출 가능한 렌즈 크기는 소형 Pickup렌즈부터  $\phi$  170mm렌즈까지 다양하다. 예를 들면 Camera Lens, Optical Disk, Optical Fiber Aarry,  $f\theta$  Lens, Prism, Convex Lens 등 적용 분야가 넓다. 장점은 성형품의 공기 방울을 방지한다는 것이다. 질소 가스 투입후 성형시 공기 방울에 의한 불량이 발생하고 있으나, 진공상태에서 성형이 되기 때문에 공기 방울에 의한 불량이 전혀 발생하지 않는다.

4. USM series

: SLICER 또는 DICING 이라고 하는 이 장비는 아주 조그마한 CHIP류를 대량 생산하는 장비로 일본에서는 R & D로 개발하여 양산시에는 노동력이 풍부한 중국에 양산설비를 투입해 가격 경쟁에 대처 한다고 한다.

5. 초소형 정밀 비구면렌즈 견본 및 가공방법:

- ① Glass소재를 금형에 놓는다.
- ② 챔버내에 공기를 질소가스로 채운다.

<일본 기술연수 일정>

날짜	일 정
7월 15일	- 인천국제공항 출국 - 일본 동경 나리타 공항 도착
7월 16일	- InterOpto2001 참관 - 도시바 부스 참관 - 관련 세미나 청취
7월 17일	- 도시바 공장 견학
7월 18일	- InterOpto2001 참관 - 관련 세미나 청취
7월 19일	- 세미나 청취
7월 20일	- 인천국제공항 도착

③ 적외선 램프로 금형과 Glass소재를 성형온도까지 가열시킨다.

④ 압축장치로 Glass소재를 프레스 한다.

⑤ 성형된 렌즈를 질소가스에 의해 냉각한다.

⑥ 설정온도까지 냉각후 빼낸다.

6. 비구면 금형(소재: 초경)제작 설비 및 금형

: 초정밀가공 공작기분야에서는 NC기계가 아닌 수공으로 하고 있다는 사실이 인상적이다. 현장 인력 대부분이 4~50대 이상 장·노년층으로 구성돼 있다.



▲ 전시회장에 설치된 도시바 부스 전경.



## 최첨단 광학기술 흐름을 한눈에 광기술 세미나 이모저모

'InterOpto 2001' 이 열리는 7월 16일부터 19일까지 나흘간 광기술 세미나가 열렸다.

세미나에 참가한 연수단은 "최첨단 광학기술의 흐름을 알 수 있었던 의미있는 시간이었다"고 말하고, 각자 청취한 내용을 바탕으로 세미나 내용을 작성했는데 본 고에서는 이들이 작성한 내용을 한데 모아 보았다. <편집자 주>

### 광기술 동향 세미나

강사 : Yasimasa Kawata외(SHIZUOKA UNIT)

- 3차원기록(SIL, NSOM 등)
- 청색레이저 이용 광디스크 시스템의 개발진전

#### 1. 광메모리의 최신동향

- 초고밀도기록기술의 진전
- 단파장이용(Deep-uv 등)
- 전자선이용(EBR, EBL 등)
- 비선형응답(MSR, MAMMOS 등)

#### 2. 광정보통신의 최신 동향

- 포토닉 네트워크의 발전(간선계, 액세스계)
- 가입자에의 광무선의 응용
- 급성장하는 키디바이스(WDM, 광크로스 코넥터, 광앰프, 광스위치)

<표1>정보통신분야의 발전방향

국제 통 합 망	대용량장거리링크 (bit/s)	2000~ IT	2005~ 10T	2010~ 20T	2015 40T	
	<TDM>(bit/s)	10G(40G)	OTDM(100G)	OTDM(1T)		
지역 백 본 망	<WDM>(bit/s)	C band(64파) C+L band(200파)	E+S+C+L band (1000파)	Multiband(2000파)		
	상류계노드(bit/s)	40GXC, 320G node	10T node	100T node	IP node	
유 저 역 세 계	전송계(bit/s)	2.5-10G×64/128파	2.5-10G×512파	2.5-40G×1000파		
	하류계노드(bit/s)	10G Router	1T Router	10T Router		
주 택 세 계	비즈니스용(bit/s)	50-150M ATM	2.5-10G ATM Ether	100G ATM/Ether/WDM		
	FTTH	FTTH	128K-1.5M-ISDN/ OCN	10M-IP/GMN1	150M IP/GMN2	2.5G-IP
		FTTC+Fixed WA	32-64K	20M	150M	
		Sattelite+Fixed WA	16K-2M	50M		
		XDSL	512K-1M	10-20M		
		HFC	10M	30M	100M	
이동체용	32-64K-ISDN	2M-IP 50M		100M		

3. 광 재료 디바이스의 최신 동향

- 포토닉 결정의 진전
- 마이크로 머신 기술응용 활발
- VESEL 응용 확대

· 유니버설 디자인으로 진전

4. 디스플레이 분야의 최신 동향

- 소형 모바일용 유기 EL디스플레이
- 하이비전 표시가 가능한 LED배열형 대형 디스플레이
- 가정용 TV로서 PDP, LCD 디스플레이의 보급

6. 가공계측분야의 최신 동향

- 펄드초가공/레이저기술 진전
- 가공용 레이저의 고품질화, 고출력화, 단파장화
- 신프루브 계측법
- 주파수 기준

5. 휴먼 인터페이스 분야의 최신동향

- 디지털 카메라, DVD에서 인터넷이 융성
- 웨어러블을 향한 톨의 진전

7. 태양광에너지의 최신 동향

- 결정 Si 태양전지의 고성능화와 저코스트화 기술
- 태양전지 모듈의 리사이클 기술
- Si 및 화합물계 박막 태양전지
- 새로운 태양광 발전기술(색소 증감 태양

〈표2〉 정보통신 광디바이스의 발전방향

구분	2000~		2005~		2010~		2015		
	국 제 통 신 망	변조기 직접 LD	변조기 40G (가변 분산보상기)	광MUX/DEMUX×100G (편파분산보상기)	광MUX/DEMUX×100G (편파분산보상기)	광3R	광3R	전광 1T	전광 1T
망	하이버 편파 분산	0.5ps/√km	0.01ps/√km						
	광증폭기 대역	30nm	60nm(C-L대 합성 증폭)				400nm(복합증폭)		
지 역 IP 백 분 망	파장제어 LD	±0.04nm	±0.02nm		절대 파장 표준 광원				
	파장가변 LD	15nm	30nm		100nm(직접)				
	광스위치 규모	16×16-1000×1000							
	광 ADM	8-16파	32-64파		100-250파				
	파장 변환 디바이스	1파	32파		100파				
망	반도체 광증폭기	SOA							
	소형광합분파기	파장간격: 0.4nm 대역폭: 60nm	파장간격: 0.2nm 대역폭: 100nm		파장간격: 0.2nm 대역폭: 400nm				
유 저 역 세 스 링 크	ONU	하이브리드 ONU		모노리식 직접 ONU					
	광원	Low Cost LD/PD		Screen Free LD		PIC			
	MUX/DEMUX	1G 광인터코넥터		파장 VESEL, 파장 다중					
	Office NW	1G-Ether TRX		10G Direct Module LD		40G			
링 크	Home NW	석영 MMF/POF LED/저가격 단파장 LD		저가격 VCSEL					



전지, 열광기전력 태양전지)

**최신 DWDM 통신용 광계측 기술**

강사 : Yasushi Sato

1. DWDM전송 시스템의 발전

- 최근의 개발동향
- 파장대역의 확대
- bit rate의 고속화
- 분산 management

2. DWDM 용 COMPONENT와 계측 SOLUTION

- DWDM용 콤포넌트
- 퍼지 콤포넌트
- Active 콤포넌트

2.1 passive 콤포넌트의 종류와 측정항목

- 종류 : 광 mux/dmux, interliber
- 평가항목 : 대역통과형 port, 대역조지형 port
- passive component의 평가 시스템 : high performance 측정

2.2 Active component

- Active component 광 AMP의 파장대역

- product : 1530 ~ 1625
- R&D : 1360 ~ 1530, 1625 ~ 1675
- 광 AMP의 평가
- 입력신호광의 SNR이 낮은 경우
- 입력신호광 레벨이 큰 경우
- EDFA의 ASE레벨광을 시간축상에서 분리하는 PULSE법이 유리

3. DWDM 시스템의 계측 SOLUTION

- DWDM전송 시스템의 계측요구
- DWDM 전송신호의 광 스펙트럼 측정
- 멀티채널의 파장계
- 특징 : 고파장확대
- 파장범위 : 900 ~ 1680nm

**휴먼 인터페이스의 최근 동향**

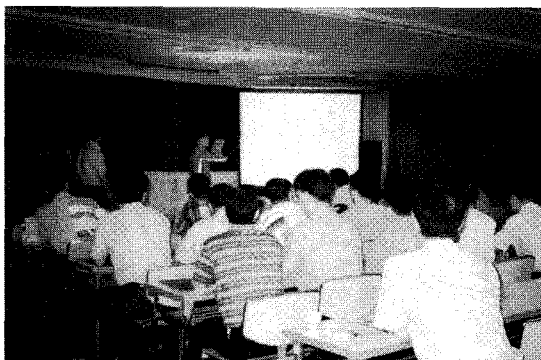
강사 : (주)리코 山下泊門

I. 인터페이스 동향

2005년 일본내에서만 인터넷 인구 7,500만 명 예상되는데, 일본 인터넷 동향을 보면 모바일 화(I-mode), 항시접속(Ez-Web), 통신요금의 저가격화(ISDN,ASDL), 고속화(광파이버등) 되어 가고 있다. 이로 인해 사용이 편리한 국제 인증규격 ISO13407으로 휴먼 인터페이스가 진행되고 있다.

II. 화상입/출력

화면입력장치로서 CCD와 CMOS가 있다. CCD는 고화질로서 현재 3um대의 Pixel 크기에서 2005년경에는 2.4um까지 줄어드는 추세이다. 이로 인해 1/1.8"로 300만에서 400만 화소급이 가능하고 현재 2/3"로는 500만화소까지 가능해졌다. CMOS는 최근에 성능이 향상되어 CCD와 성능이 비슷해 지고 있지만 아직은 감도 문제등으로 크기가 큰 편이다. 이러한 Image



▲ 세미나를 경청하고 있는 연수단



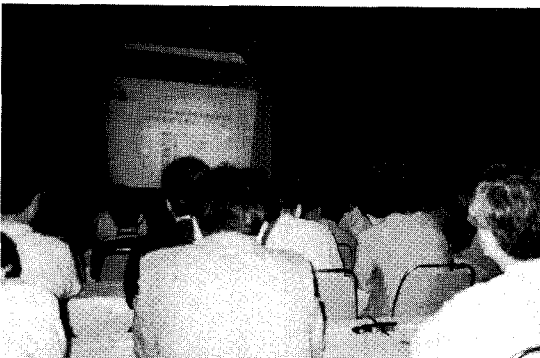
Sensor로 지문인식, 화상인식, ITS(Image transport System)등을 통하여 휴먼 인터페이스를 진행하고 있다.

특히 mobile e-commerce는 일본에서만 2003년에 8,000억엔의 규모로 성장할 것으로 예상되고 있다. e-commerce를 하기 위해서는 광학식, 반도체식 등의 지문인식을 통해 진행되고 있다. 화상입력의 응용 예로서는 Image scanner, 2001년에 전세계적으로 3,000만대로 혁신적으로 증가하고 있는 DSC(Digital Still Camera, 현재 400만화소로 대중화 될것으로 예상) 및 Bayer형에서 Honey형의 고해상도의 구조를 갖는 특수 CCD camera 등이 있고, 또한 Digital Signal Processing을 통해서 이미지를 향상시키는 기술등이 응용되어 지고 있다.

출력장치로는 Color print등에서 고화질로 출력되어 지고 있고, 최근에 전자정보의 기회가 hard copy의 기회보다 많아지고 있다. 또한 Paper로부터 바로 음성정보 재생되는 기술이 개발되어지고 있다.

### III. Wearable Computer

최근에는 몸에 부착할 수 있는 카메라와 display장치 등이 개발되어지고 있다. 이는 통신에 있어서도 Bluetooth의 기술과 더불어 진행된다. 또한 시계형 MP3 player도 출시되고 있다. Bluetooth는 CMOS로 1 chip이 가능해질 것으로 보고 있고, 상호 접속성에 대한 기술 및 표준의 확보가 시급하다. 특히 시각장애자들에게 응용의 폭이 커지고 있다. 최근에는 미국의 TIQIT사가 Matchbox PC라는 크기는 70 x 59 x 24mm, 93g, window 95, NT, Linux 등에서 동작하는 세계 최소형 카메라등을 시판하고 있다.



IV. VR interface(Virtual interface)

1. 분산형 가상 환경을 만들어 주는 Software 등이 개발되고 있다.
2. HIP(Haptic Interface Platform)의 형태로 진행.
3. 2005년 일본내에서 65세 이상이 전체인구의 25%를 차지할 전망이다. 이를 위한 휴먼 interface장치가 필요하다. 이를 위해서 Universal design개념이 필요한데 이는 누구나 이용이 가능하고 사용이 자유로우며 저소비전력이고 간편한 조작 및 무리한 자세나 부담없이 조작이 가능하도록 설계되어져야 한다.

### Compact Ultrafast Lasers for Industrial Applications

강사 : Philippe Feru

#### I. 서론

레이저 가공분야중 레이저가 현재 가장 주목 받고 있는 부분은 high power, DPSS UV laser, femto second laser 등이다. 이중 미국의 Spectra-Physics사의 femto second laser에 관련된 seminar이다.

#### II. 본론

##### 1. Ultrafast

현재 사용되는 일반적인 Q-switch laser는 pulsedwidth가 ns단위이다. 그러나 점차 pulsedwidth가 작은 laser의 수요가 있는데, 이



는 가공성이 우수하다는 장점을 지니고 있다. 이 중의 대표적인 laser는 pulsewidth가  $10^{-15}$ 인 femto second laser이다.

2. 장점

laser 가공시 pulse가 인가되는 시간은 가공물에 실제적으로 power가 인가되는 시간이다. 그런데 재료에 가해진 에너지는 순수하게 재료를 가공하는 곳에만 사용된 것이 아니라 열적 손실이 발생하게 되는데, 이러한 손실이 가공부위의 열영향부라는 결과로 나타나게 된다. 이는 재료 내부로의 열적 확산에 의해서 발생하는 현상이므로 이의 해결은 열적 확산이 일어나기 전에 재료의 가공이 이루어지면 된다. 이러한 요구로써 femto second laser가 필요하게 된다. 다음 그림은 ns laser와 fs laser를 이용하여 재료를 가공한 사진이다.

3. Application

- Multi-photon Imaging : 시간의 변화에 따른 이미지의 실시간 표시기능
- Thin Film Metrology
- Quantum Chemistry : Wave Packet Dynamics

4. ns laser vs fs laser

① fs laser

- Rapid ionization and plasma formation
- No heating of surrounding materials
- Little or no redeposited materials

② no laser

- Slow melting and vaporizing
- Heating of surrounding materials

5. Characteristics

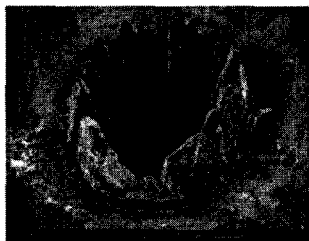
이 laser의 특징은 다음과 같다.

- 파장 : 800nm
- Peak power : 125kW
- Bandwidth : 41nm

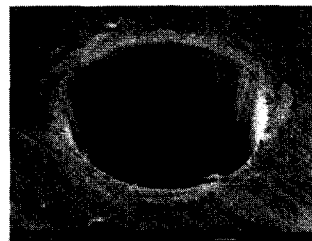
Ⅲ. 결론

점차 고정도를 가지는 미세가공물에 대한 수요가 증가하는 시점에서 이러한 사양을 가지는 laser는 국내에서 반드시 개발에 대한 구동력이 필요하며, 이에 대한 가공기의 개발에 대한 mind의 확보도 중요하다고 생각된다. 아직 세계적으로 이 분야에 대한 연구는 초기단계이므로 빠른 시간내에 진입시 좋은 성과를 얻을 수 있다

ns Ablation:



fs Ablation:



Fluence: F=4.2 J/cm <sup>2</sup> Intensity: I=1.3 <sup>2</sup> 10 <sup>9</sup> W/cm <sup>2</sup> Pulse Duration: τ <sub>p</sub> =3.3ns	Number of Pulses: n=10000 Depth: Drilled through	Fluence: F=0.5 J/cm <sup>2</sup> Intensity: I=2.5 <sup>2</sup> 10 <sup>8</sup> W/cm <sup>2</sup> Pulse Duration: τ <sub>p</sub> =200fs	Number of Pulses: n=10000 Depth: Drilled through
Material: Steel Thickness: s=100μm	Wavelength: 780nm Repetition Rate: f <sub>r</sub> =10Hz	Lens: Suprasil, f=140mm (Imaging Geometry, φ 5mm)	Vacuum: p < 10 <sup>-6</sup> mbar

고 사료된다. 단지 polymer의 가공에 있어서는 UV 영역의 파장을 가지고는 있으나, 그 power가 낮아서 이 분야로의 적용 여부는 좀 더 지켜 봐야 한다고 생각된다.

**마이크로 렌즈의 광학적 평가법**  
강사 : Philippe Feru

I. 마이크로 렌즈의 평가 장비 : Optomatic

Optomatic은 신속하고 정확한 광학적 Parameter를 측정하는 장비이며,  $\phi 0.5\text{mm} \sim 200\text{mm}$ 사이의 렌즈를 자동으로 측정할 수 있다.

- 평가 항목

① 초점거리

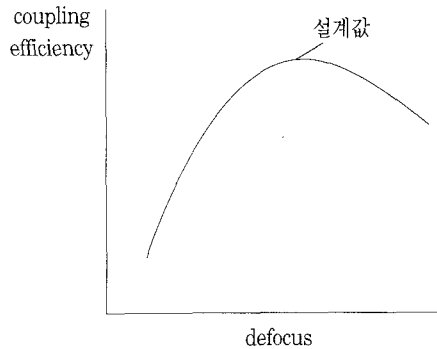
- EFL (Effective Focal Length)
- BFL (Back Focal Length)
- FFL (Flange Focal Length)

② 편심

피측정렌즈와 형합부를 회전 시켜 상이 맺히는 원의 크기를 측정

③ MTF 측정

· 적용 분야 : 고성능렌즈, Projection Lens, Scanner Lens, Micro Lens, 등



II. CODE V의 평가기능

- CEF (Coupling Efficiency) : 사용 명령어 → MPR, WRX, RCY, CIN 등
- BPR (Beam Propagation) : 사용 명령어 → DBP, BIN, WRX, AZI 등
- 공차해석 : TOR, TOD, TOL 등

III. 설계 예제

“Ball Lens couple 설계”

송신측 Fiber와 수신측 Fiber의 효율을 계산하여 최적화 된 형상과 데이터를 구한다.

설계 Process : 초기값 설정(송신Fiber, 수신Fiber) → 최적화 → 효율계산(CEF) → X,Y Offset/Tilt → 효율계산 → 공차해석

**Optical Design Software CODE V for Opt-Tel Communication**  
강사 : Tomonori Sakamoto  
(Cybernet Systems)

I. CODE V 소개

ORA에서 개발한 광학설계 및 해석 프로그램이며, 적용분야는 각종 렌즈설계, 회절광학소자 설계, 카메라, 의료 장비 등 분야가 넓다.

