

CLEO2001 및 LASER2001을 통해서 본

# 산업용 레이저기술의 최신 동향

신용진 / 조선대학교 광특화연구센터 소장, 물리화학부 교수

**지난** 5월 7일부터 11일까지 미국 매릴랜드주 볼티모어 컨벤션센터에서 개최되었던 CLEO/QELS2001 (Conference on Lasers and Electro-optics/Quantum Electronics & Laser Science Conference 2001)와 6월 17일부터 21일까지 독일 뮌헨 국제무역센터에서 개최되었던 LASER2001-World of Photonics 국제학술대회 및 전시회는 최근의 레이저 발전기 개발 및 레이저 응용기술에 대한 학계, 연구계, 산업계에서 연구개발된 결과가 집결된 세계적인 행사였다.

CLEO/QELS2001은 레이저 전문전시회로서는 국제적으로 가장 규모가 큰 전시회였으나 2000년과 비교하여 그 규모가 약 1/2수준으로 축소되어 337개업체가 627개 부스에서 레이저관련 장비 및 부품들을 전시하였고, 94개 부스에서는 최근의 레이저관련 기술을 미국내의 대학 및 연구기관 등에서 포스터로 발표하였다. 이러한 규모축소는 OFC, Photonics West, Photonics East 등 광관련 전시회가 분야별로 세분화되고, 유럽, 미주, 동남아 지역별로 분산 개최됨으로서 참여업체가 세분된 각 전시회로 참여 방향을 선회한 것이다.

이번 전시회에 참가한 업체는 대부분이 미국업체이며, 소수의 유럽, 일본, 대만, 중국 및 소수의 한국

업체 등이 참여하였다. 특히 레이저관련 유럽업체가 대거 불참한 것은 약 50여일 후에 독일에서 개최된 LASER2001에 집중적으로 참여하기 위한 것이었다. 레이저 전문전시회의 명맥을 이어주는 것은 레이저분야의 첨단기술인 단파장 UV레이저, DPSS레이저의 고출력화 및 앞으로 연구개발되어야 할 장파장 IR부터 단파장 UV까지의 다양한 파장가변 레이저 기술에 관한 기초연구 및 RGB 컨트롤 시스템들이 부각되었으며, 일부 특수 광섬유, 소재, 계측장비, S/W분야도 참여하였다.

LASER2001은 2년마다 유럽에서 개최되는 세계 최대의 레이저 전문전시회로서 3개의 전문전시관에 유럽업체가 대거 참여하였고, 미국 대형업체들도 거의 모두 참여하였다. 참여업체수는 1999년에 876개에서 925개 업체로 약 5% 증가하였으며 전시사의 약 53%가 외국업체였다. 전시 관람객 역시 1999년(약 15,000명)에 비해 8.5% 증가한 16,500명을 기록하였으며 외국관람객수는 3,150명에서 4,300명으로 증가한 국제적인 전시회라 할 수 있다. 금년에 개최되었던 OFC, Photonic West, CLEO2001 등 국제 컨퍼런스들 보다 짜임새있는 전시회였다.

Optical Information and Communications Technology, Laser and Optoelectronics, Laser

Measuring and Testing, Laser Sensors, Laser Production Engineering 등으로 3개의 전시장에 구분하여 레이저 발전기 및 응용장비가 전시되었으며, 출품된 전시물중 미국, 유럽국가의 제품은 신뢰도, 완성도를 보였으며, 이태리업체는 의료기기 및 마킹 등 응용분야에서 세련된 제품을 선보였다. 특히 중국업체의 제품들은 신뢰도 등에서는 다소 미흡하지만 레이저관련 전 분야 진출이 활발하였고 레이저 소스(source)등의 가격은 통상의 1/10수준으로 많은 기술선진국의 견제를 받기 시작하였다.

뮌헨 국제회의장(ICM-International Congress Center)에서 LASER2001과 동시에 개최된 제15회 국제 컨퍼런스 (15th International Conference on Laser & Electrooptics in Europe)는 30개의 세션에 687개의 논문이 발표되었다. 고출력 레이저의 개발 및 응용, 디스플레이 및 이미징, 광전자공학, 광학의 생물학 및 의학에의 응용과 의료레이저 등의 전반에 걸쳐서 많은 연구물들이 발표되었다.

최근의 연구동향을 알아보기 위하여 연구영역별로 분류하면 (a) Biomedical Optics (① Optical

Coherence Tomography, Confocal Microscopy and Novel Microscopy Imaging, ② Photon Migration and Diffuse Light Imaging, ③ Diagnostic Optical Spectroscopy; Laboratory Research and Theory, ④ Diagnostic Optical Spectroscopy; Clinical Studies, ⑤ Therapeutic Laser Applications and Laser-Tissue Interaction, ⑥ Photodynamic Therapy and New Optical Reporters, ⑦ Hybrid Imaging Techniques and other Novel Imaging Technologies, ⑧ Novel Optical Instrumentation for Biomedical Applications), (b) Lasers in Manufacturing (① Lasers & Systems for Production, ② Process & Product Design: Micro-processing, ③ Tailored Material Properties, ④ Modeling, Simulation and Process Monitoring, ⑤ Process & Product Design: Macro-processing, ⑥ Laser Safety), (c) Lasers in Metrology and Art Conservation (① Application in Industrial Design, ② Applications in Production Engineering, ③ Laser Techniques and Systems in Art Conservation, ④ Microsystems Engineering;

Metrology and Inspection II, ⑤ Recent Developments in Traceable Dimensions Measurements), (d) Progress in Solid-State Lasers (① Progress in Solid-State Lasers, ② Non-Linear Devices and Applications in Photonics, ③ Quantum Information and Communications), (e) Lasers in Medicine (① New Technologica Concepts,





② Reconstructive Surgery, Tissue Welding, ③ Optical Diagnostics, Photodynamic Therapy, ④ Angiology/Phlebology, ⑤ Image Processing/Networks, ⑥ Endoscopic Surgery, Tumor Surgery, ⑦ Hard Tissue, Dental, Ophthalmology, ⑧ Interstitial Tumor Treatment) 등 총 30개의 항목으로 구분할 수 있다.



## 레이저 개발 및 응용 현황

레이저는 18세기 후반 맥스웰의 전자기파 이론과 20세기 초반 아인슈타인의 광전효과 이론에 근거하여 1960년에 미국의 메이만이 루비를 유도 방출함으로써 최초로 발명하게 되었다. 이러한 레이저광은 보통 광과 비교하여 가질 수 있는 우위적 특징인 간섭성, 단색성, 지향성 및 고휘도 등이 있어서 다양하게 산업 전 분야에 응용장치로 활용할 수 있게 되었다. 따라서 광산업에 있어서 레이저는 주변기기의 발전과 함께 레이저 응용기술도 놀랄 만큼 발전하여 통신, 정보처리, 정밀가공, 계측 및 측정, 의료 기기, 생활 기기, 원자력발전, 우주과학분야에 중요한 역할을 하고 있으며, 앞으로도 개발해야 할 범위가 무궁무진하다 할 수 있다. 이번 CLEO2001 및 LASER2001 전시회 출품제품을 중심으로 주요 산업용 및 연구용 레이저의 최근 동향을 알아본다.

### ● CO<sub>2</sub> 레이저 기술

평균출력 1kW 이상의 고출력 CO<sub>2</sub> 레이저는 1970년대에 개발되어 금속 절단, 용접 등 주로 sheet metal cutting, tailored blank welding, high speed blanking, tubing welding, multi-spot welding die

manufacture, hybrid processing 등에 적용되어왔다. 최근에는 RF방전방식의 slab type을 이용하여 4~8 kW로 출력증강을 하는데 성공하여 절단 등 산업현장에 적용하고 있으며, 최대출력 20~30 kW로 특수한 금속 구조물의 절단 및 해체에 적용되기도 한다.

평균출력 1kW 이하의 저출력 CO<sub>2</sub> 레이저는 비철 분야의 절단, 마킹 등 주로 plastic cutting & welding, micro via drilling, marking, ceramic scribing, paper converting, wood engraving 등에 적용되어왔다. 최근에는 integration system for marking & cutting과 같이 복합시스템이 많이 출시되고 있다.

주요 제작회사로 독일의 Rofin-Sinar, TRUMPF와 미국의 Synrad, 일본의 Mitsubishi, Amada, Fanuc 등이 전 세계시장의 70% 이상을 차지하고 있다.

### ● Nd:YAG 레이저 기술

평균출력 150W 이상의 고출력 Nd:YAG 레이저는 1980년대에 개발하여 1kW 이상으로 출력증강을 하여 tailer brank welding, hydro-form tubing cutting, metal bending, metal bending, localized surface treatment, aluminum welding, material cleaning, auto body customization 등 다양한 분야에 적용하고 있다.

펄스형(pulse)과 연속출력(cw) Nd:YAG 레이저를 활용하고 몇 개의 공진기를 직렬로 연결하는 방법

으로 4kW 이상의 출력을 갖는 레이저를 상품화하여 자동차 산업 및 항공 /우주분야의 시스템 개발에도 적용하고 있으며, 최근에는 최고출력 6kW~10kW 까지도 개발되었다.

평균출력 150W 이하의 저출력 Nd:YAG 레이저는 marking, trimming, drilling 등에 적용하고 있다.

Nd:YAG 레이저를 이용한 marking은 평균출력 50~80W의 빔을 사용하여 beam-steering, mask, dot matrix, vector 방식 등 다양한 방법으로 금속 및 비금속에 적용하고 있으며, 최근에는 plotter marking 방식을 이용하여 넓은 영역(400×400mm)을 마킹할 수 있는 기술 및 흑백사진 수준의 해상도(400~800dpi)를 갖는 image marking, crystal 내부에 3차원으로 조각할 수 있는 3D marking, organic chemical을 적용한 color marking 등 레이저 응용성이 가장 높게 나타나고 있으며, 전 세계적으로 이 영역의 레이저 제작회사가 가장 많다.

주요 제작회사로는 미국의 Spectra, 영국의 Lumonics, 독일의 Rofin-Sinar, 일본의 NEC 등이 있

다. 이번 LASER 2001에 출품한 마킹시스템 중에는 독일의 SHT사가 1,064nm 파장영역 120W cw Nd:YAG 레이저를 이용하여 115×115mm 각종 금속 및 플라스틱에 마킹하는 시스템이 기능면에 서 돋보였다.

#### ● Excimer 레이저 기술

Excimer 레이저는 연구용 및 qkshp lithography용 광원으로 사용되고 있다. 현재 산업용으로 KrF 레이저(248nm), ArF 레이저(193nm)가 산업현장에 적용되기 시작하였는데, 이는 반도체 소자의 용량을 키우기 위해서는 단파장의 광원이 필요하기 때문이다. 또한 VUV영역의 F2 레이저(157nm)가 개발되어 산업용으로 사용될 것으로 예측하는 연구들도 진행 중이다.

현재 산업용으로는 미국의 Cymer Inc.가 100W급의 KrF 레이저를, 10W급의 ArF 레이저를 제작하고 있으며, 독일의 Lambda Physik사는 XeCl, KrF, ArF 레이저 등을 생산하고 있다.



#### ● DPSSL 레이저 기술

DPSSL(Diode Pumped Solid State Laser)은 1998년에 처음 개발된 이래 lamped-pumped(LP)에 의한 고체레이저 발전 기술을 대체하고 있다. DPSSL은 기존의 레이저와 비교하여 고효율, 장수명, 고 신뢰성, 경량 등의 장점을 갖고 있어서 최근에 출력증강에 가장 많은 연구가 진행되고 있으며, 또한 가장 많은 제품이 다양하게 선보이고 있다. 이는 레이



## 해외전시참관기

저 발전기의 크기가 작고 효율이 높아 레이저의 running cost가 기존의 flash-pumped 레이저에 비하여 1/10 정도이기 때문이다. 특히 DPSSL 빔은 광섬유에 집속시킬 수 있으며, 현재 60W급은 600 $\mu$ m, 150W급은 800 $\mu$ m, 2kW급은 1,300 $\mu$ m 에 집속시켜 원거리 전송에 이용되고 있다.

산업용 DPSSL은 미국의 Spectra-Physics사가 cw green(200mW~10W), cw IR(2.5W~20W), Q-switched IR(14W 이상), Q-switched green(6W 이상), Q-switched UV(2W 이상)등이 TEM00 모드를 갖고있으므로 초정밀도가공의 적용에 필요한 적은 spot size을 갖고 있다. 또한 독일의 Rofin-Sinar 사는 2.5kW 레이저 출력까지 다양한 diode 레이저 모듈을 개발하여 상품화하고 있으며, 최대출력 5kW까지의 DPSSL를 개발하여 레이저 가공분야에 적용하고 있다.

고출력 레이저의 적용분야로는 soldering, spot welding auto bodies, heat treating 및 plastic joining 등이 있으며, 저출력 레이저의 가공분야로는 micro via drilling, solar cell scribing, flex circuit trimming, wafer inpection, micro-machining, FT raman spectroscopy 등이 있다. 최근에는 고출력 diode로 효과적으로 pumping 하여 Nd:YAG, Nd:YLF, Nd:YVO4 레이저를 생산하고 있다.

연구용 DPSSL의 경우 최근에 레이저 다이오드의 가격이 경쟁력을 갖게 되고 레이저 다이오드의 출력이 향상됨에 따라 청록색 파장에서 수 십W에 이르는 출력을 갖는 DPSSL의 생산이 가능하게 되었다.

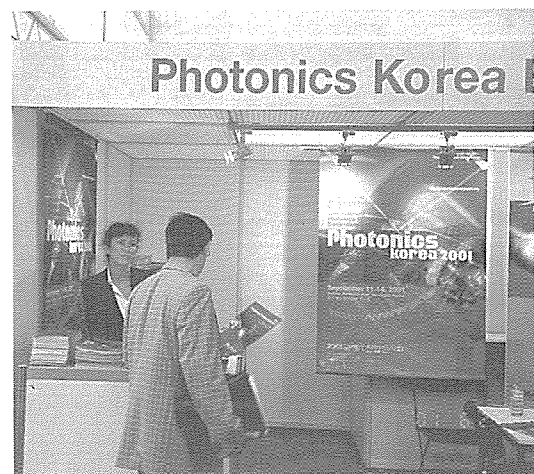
연구용 DPSSL의 주요 제작사는 Spectra-Physics, Coherent, Light wave Electronics 등으로 주로 LIDAR, 비행시간 측정등에 사용되는 1W급 이하의 Nd:YLF 레이저가 현재는 가장 많이 사용되고 있다. 또한 UV영역의 DPSSL로는 파장 266nm에서 200mW, 355nm에서 출력이 5W인 고출력 레이저가 출시되고있다. 또한 파장 1,047nm에서 40W의

●  
**출품된 전시물중**  
미국, 유럽국가의 제품은  
신뢰도, 완성도를 보였으며  
이태리업체는 의류기기 및 마킹 등  
응용분야에서 세련된  
제품을 선보였다.

●

출력을 갖는 Nd:YAF 레이저 역시 제작되고 있다.

이번 LASER2001에 출시된 제품중에는 1.06 $\mu$ m 파장에서 70W ( $M_2=6$ ), 10W ( $M_2=1.5\sim3$ ), 532nm(Nd:YVO type) 파장에서 5~10W, 235nm 파장에서 5W~8W인 제품이 주종을 이루었으며, DPSSL(Nd:YAG) 1064nm 파장영역의 cw 3W를 적용하여 보다 정교한 마킹을 구사하는 단순화 된 DPL Magic Marker 시스템(독일 Vision사)은 앞으로 많은 레이저 응용분야가 DPSSL로 레이저 소스를 대체할 가능성을 보이는 표본이 되기도 하였다.



▲ 한국광산업진흥회 국제광산업전시회 홍보부스