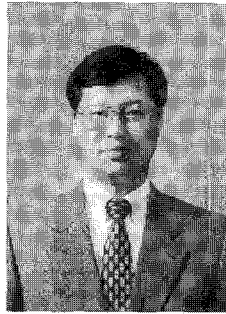


#### 4. DPSS 레이저의 동향 및 전망

## 반도체 기술 및 생산성 증가 기대 미세가공 고부가가치 부품 제작

향후 DPSS레이저 기술은 FPSS 레이저와 같은 수 키로와트 급 고출력 레이저의 실용화에 집중되고 있다. 키로 와트급 DPSS 레이저가 보편화 될 경우 현재 비반도체 레이저 시장에서 가장 큰 부분을 차지하고 있는 재료 가공용 고출력 레이저 시장의 대부분이 DPSS레이저로 대체되어 시장 규모가 엄청나게 증가할 것이다.



글:김상국 박사

### 1. DPSS 레이저 개요

Diode Pumped Solid State (DPSS) 레이저 기술이란 Nd:YAG 레이저 시스템과 같은 산업용 고체 레이저 시스템에서 방전관을 사용하던 기존의 Flash Lamp Pumped Solid State (FPSS) 레이저와는 달리 고출력 반도체 레이저를 펌핑 광원으로 사용하는 기술이다. 고체 레이저의 펌핑 광원으로 방전관 대신 반도체 레이저를 쓸 경우, 빔 특성이 향상되고 수명이 늘어나는 등 각종 장점이 있다. 이에 따라 1980년대 후반 이후 DPSS 레이저에 대한 연구가 활발해졌다. 특히 고체 레이저를 펌핑할 수 있는 고출력

반도체 레이저가 실용화되기 시작한 1990년대에 들어서 다양한 형태로 상용화되어 빠른 속도로 각종 레이저 응용 장치에 도입되고 있다.

산업용 고체 레이저에서 재료로 가장 많이 사용되는 YAG 결정의 경우 808nm 파장 근처에서 강한 흡수 스펙트럼을 가지고 있기 때문에 펌핑 광원의 파장을 이러한 파장과 일치시킬 경우 가장 효율적으로 레이저를 발생시킬 수 있다. 그러나 기존의 방전관의 발광 스펙트럼은 200nm 부터 1000nm 사이에 넓게 분포하여 있기 때문에 전체 전기적으로 외부에서 인가하는 에너지 중 약 2%만 레이저의 발전에 기여하게 되어 비효율적이다. 또한 나머지 에너지의 손실은 레이저 시

시스템의 온도를 증가시켜 결과적으로 레이저의 성능을 크게 저하시키게 된다. 그러나 방전관 대신 808nm 대역에서 발진하는 고효율 반도체 레이저를 펌핑 광원으로 사용하면 YAG 결정에서 빛의 흡수가 잘되기 때문에 전체 에너지 효율 20% 이상을 얻을 수 있어 에너지 효율 뿐만 아니라 시스템의 성능이 크게 향상된다.

DPSS 레이저 시스템의 경우 열로 방출되는 에너지가 적기 때문에 펌핑 광원에 의해 시스템의 온도 증가가 크게 일어나지 않는다. 따라서 FPSS 레이저와는 달리 냉각장치의 크기를 크게 줄일 수 있으며, 특히 10W 미만의 레이저인 경우 기존의 수냉 방식의 냉각 방식을 사용하지 않고 공냉 방식 또는 Thermo Electric Cooling 방식의 전자식 냉각 방식도 선택할 수 있어 전체 시스템의 구성 및 크기를 대폭 줄일 수 있다.

Nd:YAG 레이저와 같은 고체레이저의 펌핑 광원을 방전관에서 반도체 레이저로 교체할 경우 얻을 수 있는 또 다른 장점으로 레이저 시스템의 수명 향상을 들 수 있다. 기존의 방전관은 평균적으로 수백 시간밖에 사용 할 수 없어 이러한 방전관을 사용할 경우 작업 현장에서는 적어도 한 달에 한번 작업을 중단하고 방전관을 교체하여야 하는 문제가 있었다. 그러나 DPSS 레이저의 경우 반도체 레이저의 수명이 최소 10,000시간 이상 되기 때문에 하루 24 시간 연속 작업을 하여도 1년 이상 시스템을 동작시킬 수 있어 펌핑 광원의 교체에 따른 작업의 중단, 교체 비용의 절감 등의 효과를 얻을 수 있게 된다.

## 2. DPSS 레이저 시장 동향

이러한 장점 때문에 Cutting Edge Optronics, Spectra-Physics, Coherent, Lee Laser, Rofin-Sinar, Lambda-Physik 등 세계적으로 알려진 주요 레이저 제조 회사에서 출력이 수 와트에서 수백 와트에 이르며 파장도 레이저의 기

본 파장인 근적외선 영역의 1 마이크로 뿐만 아니라 가시 광선인 532 nm, 자외선 영역인 355 nm 의 각종 DPSS 레이저를 제작하고 있다.

레이저 재료로는 사용 목적에 따라 Nd:YAG, Nd:YLF, Nd:YVO4 등을 선택하여 사용하고 있으며 레이저의 출력이 수십와트 이하 저출력일 경우 레이저 재료의 후면에서 반도체 레이저로 펌핑하는 앤드펌핑 방식을, 레이저의 출력이 수십와트 이상 고효율일 경우에는 여러 개의 반도체 레이저를 레이저 재료의 길이에 따라 정렬시켜 레이저 재료의 측면에서 펌핑하는 사이드 펌핑 방식을 사용하고 있다.

한편 국내에서도 DPSS 레이저 산업은 대부분의 레이저를 수입하여 응용 제품을 만들고 있는 기존의 다른 레이저 산업과는 달리 독자적인 레이저 설계 및 제작을 통해 빠른 속도로 발전하고 있다. 최근 원자력 연구소에서 600W 급 DPSS 레이저를 개발하여 고효율 DPSS 레이저 분야에서 국내 기술 수준이 외국에 비해 손색이 없음을 보여 주었으며, 표준연구소 등에서도 각종 계측 장비에의 응용을 위해 DPSS 레이저를 개발하고 있다.

또한 국내 산업체에서의 개발 현황을 보면 (주)레이저엔피직스에서 앤드펌핑 방식의 6와트 급 DPSS 레이저 및 사이드 펌핑 방식의 35와트 급 DPSS 레이저를 상용화하여 레이저 마커 및 LCD 가공장치에 응용할 수 있게 하였으며 (주)금광에서도 의료장치에의 응용을 위해 수백 마이크로와트 급 DPSS 레이저를 상용화하였다. 또한 하나기술(주)은 원자력 연구소와 함께 자동차 부품 제작이 가능한 키로와트급 고효율 DPSS 레이저 개발을 위한 연구를 수행하여 실용화를 앞두고 있으며 국내 최대 레이저 마커 회사인 (주)이오테크닉스도 이러한 DPSS 레이저를 사용한 마킹시스템을 개발하여 판매하고 있다.

세계적으로 DPSS 레이저 시장은 90년도 초반 처음 시장이 형성된 이래 지난 4년간 년 평균

20% 이상 빠른 성장을 하고 있는 분야로 레이저 산업에서 반도체 레이저, 엑시머 레이저와 함께 앞으로 가장 성장성이 크고 수익성이 높은 분야이다. 레이저 관련 전문 잡지인 Laser Focus의 최근 조사에 의하면 세계적으로 전체 시장 규모가 1998년도 4천여 대, 2000년은 5천여 대, 2001년은 7천여 대로 빠른 속도로 증가하고 있다. 이를 금액으로 보면 1998년 8,400만 달러에서 2000년 1억 4,400만 달러로 증가하여 2년 사이에 80% 정도 성장하였으며 2001년에는 1억 7,300만 달러로 확대되어 주재료인 고휘출력 반도체 레이저의 가격 하락에 따라 현재 주종을 이루고 있는 FPSS 레이저 시장을 빠른 속도로 대체하리라고 예측되고 있다.

지난 2000년 DPSS 레이저의 시장을 보면 재료 가공 분야가 5,900만달러 규모로 전체 DPSS 레이저 시장의 40% 이상을 차지하고 있으며, 인쇄용 시장이 2,600만 달러 규모로 전체 시장의 18%, 의료용 시장이 1,200만 달러 규모로 전체 시장의 8% 정도를 차지하고 있다. 특히 기초 연구 분야에서의 매출이 2,400만 달러로 17%의 높은 비율을 차지하고 있어 이러한 기초 연구를 통해 개발될 새로운 기술 시장이 빠른 속도로 커지리라 예측되고 있다.

### 3. DPSS 레이저의 전망

향후 DPSS 레이저 기술은 FPSS 레이저와 같은 수 키로와트 급 고휘출력 레이저의 실용화에 집중되고 있다. 최근 Rofin-Sinar는 4.4 키로와트급 고휘출력 가공용 DPSS 레이저를 개발하였으며 이러한 수백 와트급 고휘출력 DPSS 레이저의 개발이 이루어짐에 따라 스크라이빙, 드릴링 분야뿐만 아니라 기존의 FPSS 레이저를 사용하던 커팅, 웰딩 분야에 이르기까지 각종 재료가공 시스템이 DPSS 레이저 시스템으로 대체될 것이다. 특히 키로 와트급 DPSS 레이저가 보편화 될

경우 현재 비반도체 레이저 시장에서 가장 큰 부분을 차지하고 있는 재료 가공용 고휘출력 레이저 시장의 대부분이 DPSS 레이저로 대체되어 그 시장 규모가 엄청나게 증가할 것이다.

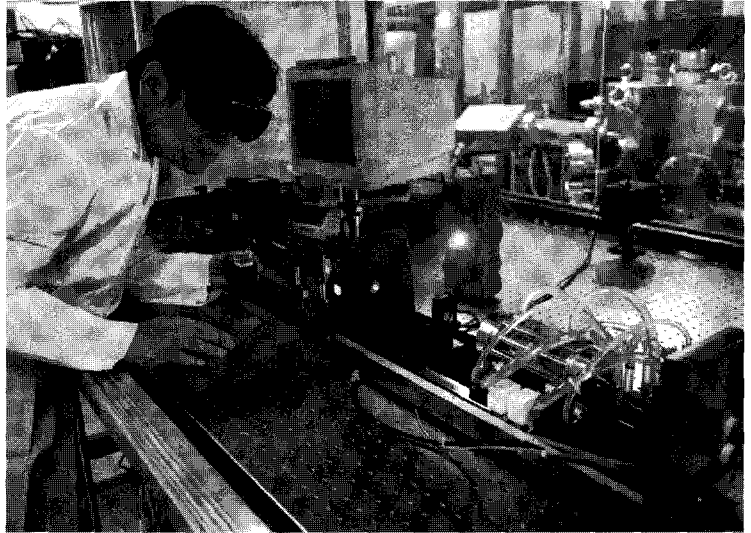
한편 수십 와트급 DPSS 레이저를 사용하는 마킹, 트리밍 분야를 포함한 각종 재료 가공 분야 및 레이저 프린팅 등 인쇄 분야 및 안과 치료 및 피부 치료 등 의료 분야도 빠른 성장을 하리라 전망된다. FPSS 레이저와는 달리 광학에 비전문적인 사용자도 손쉽게 사용할 수 있기 때문에 재료 가공, 계측 분석, 의료 등 기존의 기계적인 방법을 사용하던 모든 분야에서 빠른 속도로 DPSS 레이저를 사용하는 시스템을 도입하게 될 것이다.

DPSS 레이저는 펄핑 광원으로 반도체 레이저를 사용하기 때문에 펄핑 광원의 파워 안정성과 레이저 파워의 안정성이 뛰어나며, 일반적인 경우 M2가 20 이하로 방전관 펄핑 방법에 비해 빔의 특성 또한 우수하기 때문에 비선형 광학 소자를 이용한 파장 변환이 용이하게 된다. 따라서 DPSS 레이저를 사용할 경우 기존의 레이저로는 만들기 어려웠던 이차고조파 발생을 통해 532nm 파장의 녹색 레이저 광원, 삼차고조파 및 사차고조파 발생을 통한 355nm 및 266nm 파장의 자외선 레이저 등을 손쉽게 만들 수 있고, 이러한 레이저를 이용하여 웨이퍼의 스크라이빙이나 저항의 트리밍, 미세 구멍의 드릴링 등 기존의 반도체 산업의 기술 향상 및 생산성을 크게 증가시킬 수 있다. 또한 현재까지 엑시머 레이저 및 고가의 진공장비에 의해서만 가능하던 마이크론 크기의 극미세 가공도 손쉽게 할 수 있는 길도 열렸다. 따라서 앞으로 각종 미세 가공이 필수적인 고부가가치 부품 및 장비를 제작할 수 있고 마이크로일렉트로메카니칼 시스템(MEMS) 등 새로운 분야의 산업도 창출할 수 있을 것이다.

## 원자력(연), 600W급 다이오드 고체 레이저 개발

한국원자력연구소 양자광학기술개발분야 이종민 박사팀은 기존의 가공용 레이저보다 고효율이면서 정밀도를 향상시킨 평균출력 600W급의 다이오드 고체레이저를 개발했다.

장치의 크기를 소형화시키면서도 레이저의 수명이 기존에 비해 월등히 길어 현재 널리 이용되고 있는 플래시 램프형 Nd:YAG 레이저 및 CO<sub>2</sub> 레이저 등 기존의 레이저를 대체할 수 있는 것으로 전망된다. 연구소측은 이 시스템의 산업화를 위해 국내 중소기업과 제휴하여 실용화 개발에 착수할 계획이다.



▲원자력(연)가 600W급 다이오드 고체레이저를 개발했다.

자동차 산업이나 반도체 산업 등에서 널리 사용되는 기존의 가공용 레이저

를 대체할 수 있는 레이저로서 효율성과 정밀도에서 일본 등 선진국에 비해 우수한 것으로 나타나 연간 2백만 달러 이상인 수입품을 대체하는 것은 물론 연간 1억달러에 달하는 세계시장도 공략할 수 있을 것으로 기대를 모으고 있다.

현재 용접, 절단, 마킹 등에 이용되고 있는 각종 가공용 및 원자력 산업용 Nd:YAG 레이저 시스템은 에너지를 얻기 위해 유리관으로 구성된 플래시 램프(flashlamp; 섬광등)를 사용하고 있다. 그러나 플래시 램프는 자외선으로부터 적외선까지 매우 넓은 영역의 파장을 발생시키기 때문에 대부분이 레이저로 변환되지 못하고 불필요하게 소모되어 효율이 떨어졌다. 그 결과 기존의 레이저는 불필요한 열을 제거하기 위하여 대형 냉각 시스템이 필요하면서도 전기에너지에서 레이저 에너지로 변환시키는 효율이 1~3% 정도로 매우 낮으며, 수명이 짧아 잦은 교체는 물론 가공시설을 빈번히 정지해야 하는 단점이 있었다.

차세대형 다이오드 펄핑형 고체레이저는 섬광등(flashlamp) 대신 반도체로 제작된 레이저 다이오드(LD)를 사용하는 고체레이저(DPSSL: Diode-Pumped Solid State Laser)이다. 레이저 헤드 부분의 유리관으로 된 냉각수관 안에 있는 레이저 매질인 Nd:YAG에 레이저 다이오드(LD)로 에너지를 주입시켜 레이저 물질로부터 레이저 광을 뽑아낸다. 섬광등(flashlamp)을 사용하는 기존의 레이저의 에너지 전환효율이 1~3%인데 비해 개발된 다이오드 펄핑형 고체레이저는 21%로 효율이 월등히 높으며 장치를 소형화 할 수 있다. 또 기존의 레이저는 2백~5백 시간이 지나면 플래시 램프(flashlamp)를 교체해야 하지만, 개발된 레이저는 다이오드의 교체 시기가 1만 시간 이상으로 수명도 월등히 길고, 레이저 출력의 공간분포가 매우 균일하여 가공 특성이 획기적으로 개선된다.

한국원자력연구소는 600W급 레이저의 출력을 수 kW급으로 증가시키면 기존의 가공용 레이저 시장을 절반정도 점유하고 있는 CO<sub>2</sub> 레이저를 대체하는 것을 물론, 관련 기술을 발전시킬 경우 현재 반도체 산업에서 D램을 생산하기 위한 초고집적 리소그래피(lithography) 공정에 사용되고 있는 엑시머 레이저를 대체할 수가 있게 되어 시장이 엄청나게 넓어질 것으로 전망하고 있다.