

고출력 Fiber Laser Applications

Multi-kW Fiber Laser Applications

한 유희

IPG Photonics Korea Ltd.

ABSTRACT

그동안 고출력 레이저에는 CO2 Laser, LPSSL, DPSSL 등이 주로 사용되어 왔다. 최근에는 Fiber Laser가 좋은 빔특성을 가지면서 10kW이상의 고출력이 가능해 큰 주목을 받고 있다. 고출력 레이저는 매질의 냉각문제가 가장 큰 관건인데, Fiber Laser는 수백 μm 의 지름을 가진 수십m 길이의 공진기 형태를 띠어 부피 대비 냉각면적이 가장 크다고 할 수 있다. EDFA 등 광통신을 위해 개발되었던 다이오드 레이저들이 Fiber Laser쪽으로 전용되고, Side Cladding pumping 방법의 실용화, 다이오드 레이저 펌핑 광과 광섬유사이의 커플링 방법이 개발되면서 고출력 Fiber Laser 개발이 급속히 이루어졌다. Fiber Laser는 시스템의 부피가 매우 작아질 뿐만 아니라 유지관리 비용이 거의 들어가지 않는다는 장점을 가진다. 현재 단일모드(single-mode) 로는 300W의 출력이 가능하고, 이들을 결합하여 10kW 이상의 고출력 Fiber Laser 제품이 나오고 있다. 높은 효율의 레이저발진을 하면서 고출력의 좋은 빔특성을 가지기 때문에 기존의 고출력 레이저용접 및 절단 응용분야에 큰 관심을 불러일으키고 있다.

1. 서 론

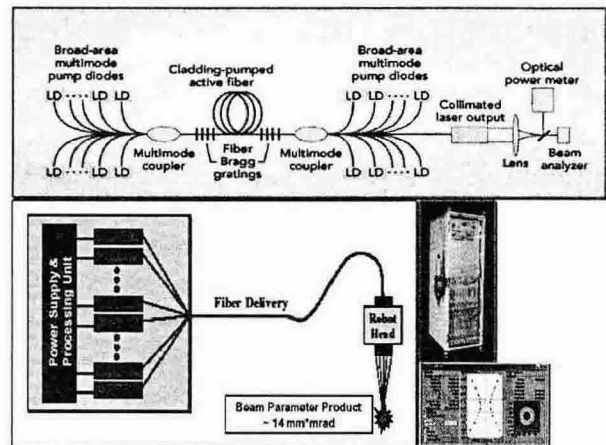
90년대 중후반 다이오드 레이저 펌핑 고체레이저(DPSSL)가 소개된 후 그 고효율성과 좋은 빔특성으로 주목을 받으며 많은 개발 및 적용이 이루어져왔다. 이에 이어 현재는 독일 등을 중심으로 DPSSL의 응용격이라 할 수 있는 Slab Laser, Thin-disk Laser, Fiber Laser 등이 연달아 선을 보이며 기존의 가공을 저비용 및 개선된 시스템으로 교체하도록 이끌고 있다. 이 중 수십 kW의 고출력 발전 Fiber Laser에 대해 소개하고자 한다.

Side Cladding pumping 방법의 실용화, 다이오드 레이저 펌핑 광과 광섬유사이의 커플링 방법이 개발되면서 고출력 Fiber Laser 개발이 급속히 이루어졌다. Fiber Laser는 시스템의 부피가 매우 작아질 뿐만 아니라 유지관리 비용이 거의 들어가지 않는다는 장점을 가진다. 현재 17kW 이상의 고출력 Fiber Laser 제품이 출시되고 있다.

2. Single Mode Fiber Laser

수백 Watt 급의 Single Mode Fiber Laser 가 최근 각광을 받고 있다. Fiber core diameter 가 9 μm 이하이며, 집속 할 경우 10 μm 이하의 초점을 형성 할 수 있어 빔의 집속밀도는 Key-hole 을 형성하기에 충분하다. Micro key-hole을 이용한 micro joining 은 최근 Single Mode Fiber Laser 의 등장으로 실용화가 가속되고 있다.

3. Multi-kW Fiber Laser



[그림 1] 고출력 파이버 레이저의 구성

Fiber Laser는 Fiber 자체가 공진기 역할을 한

다. 현재 선보이고 있는 Double-clad pumping high power fiber laser는 core, inner cladding, outer cladding, jacket의 구조로 되어있는데, LD 펌핑광이 Inner cladding을 통하여 진행하면서 코어(Core)에 Doping된 Yb^{3+} 이온들을 여기시켜 $1.07\mu m$ 파장의 레이저광을 만들고, FBG(Fiber Bragg Grating)가 공진기 미러 역할을 하게 된다.

이 때 펌핑은 8W급의 multi-mode LD 수십개를 active fiber에 splicing하여 inner cladding에 coupling한다. 여기에서 active fiber는 single-mode fiber이기 때문에 좋은 빔특성을 가지며 현재 약 300W 출력이 가능하다. [그림 1]에서 보는 바와 같이 이러한 unit을 원하는 출력만큼 combine하여 High Power Fiber Laser(HPFL)를 만들게 된다.

4kW fiber laser의 경우 BPP(beam parameter product) $2.5mm.mrad$ 이하의 값을 가질 정도로 매우 좋은 빔특성을 보인다. 이러한 좋은 빔특성은 1.8m 거리에서 $1000*1000mm^2$ 이상의 면적에 $0.6mm$ spot size를 구현할 수 있는 원거리 용접(Remote Welding)을 가능하게 할 뿐만 아니라, Fiber laser라는 장점으로 인해 더욱 주목하게 한다. 우선 레이저 시스템의 크기가 기존에 비해 매우 작아지고, 교체부품 및 alignment할 내부 광학계가 없어 유지관리가 쉽다는 특성이 있다. 사용상의 편리함 이외에도, 기존 레이저들이 부품교체를 위해 수시로 생산라인이 멈춰서야 했던 낭비를 대폭 줄일 수 있게 되는 것이다.

4. 결 론

고출력 Fiber laser는 30kW까지 개발중이며, 파장또한 $1.07\mu m$ 외에 Eys safe 용 $1.56\mu m$, $2\mu m$ 등이 피부 재생용으로 실용화 되고 있다.

앞서 살펴본 고출력 Fiber laser의 특성은 고출력, 고효율, 좋은 빔특성, 작은 용적을, 긴 빔 전달로 요약될 수 있다. 이는 자동차나 중공업 분야에서는 수백m까지 가능한 fiber delivery를 통하여 라인의 공간활용도를 높일수 있게 하고, 항공, 선박, 파이프라인 분야에서는 "On ship", "In field" 절단 및 용접이 가능하게 한다.

참고문헌

1. V. Gapontsev, W. Krupke, Fiber Lasers grow in power, Laser Focus World, Aug. 2002, pp.83-87
2. R. Poprawe, W. Schulz, Development and

application of new high-power laser beam sources, RIKEN review No. 50, Jan. 2003