

특집 ■ 최근 레이저 개발동향

고출력 광섬유레이저 응용 최신 시장 동향

김남성*

레이저(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation; LASER)란 이름이 등장한 1957년 이후 60년이 지났고, 1966년에 광섬유가 발명된 지도 51년이 지났다. 20세기 최고의 3대 광학발명은 레이저, 광섬유, 광통신이라고 생각되며, 광통신기술은 현재의 초고속인터넷을 위한 통신망의 핵심근간이고 인터넷기반의 수많은 상업 및 산업기술의 근간이 되었다. 또한 스마트폰, 사물인터넷(Internet of things; IoT) 등이 광범위하게 보급되어서 연결되는 미래 연결세상(Connected World)이 가능하게 해 주는 근본 기술이라고 하겠다. 이제 수백억개 이상으로 추정되는 매우 다양한 사물들에 다양한 수준의 지능과 의사소통 기능을 부여해 줄 수 있는 사물인터넷기술은 사물센싱 (Sensing of things; SoT) 이라는 실체를 가진 센싱디바이스들에 기반하여 구성될 수 있다. 특히 스마트폰 기술은 반도체, 디스플레이, 인쇄회로기판(Printed Circuit Board; PCB) 기술을 필요로 하며, 이 기술들을 산업적으로 급속도로 발전시키는데 막대한 기여를 하여 오고 있다. 이러한 구성기술들을 실현하고 스마트폰과 SoT기기들을 제작하고 제작에 필요한 다양한 자재들을 가공하기 위한 기반이 고출력 CW 레이저가공기술과 고출력 초단펄스 초미세/

비열 레이저가공기술을 포함하는 다양한 수준의 레이저가공기술들이며 이러한 기술들이 복합적으로 급속하게 발전하고 있다.

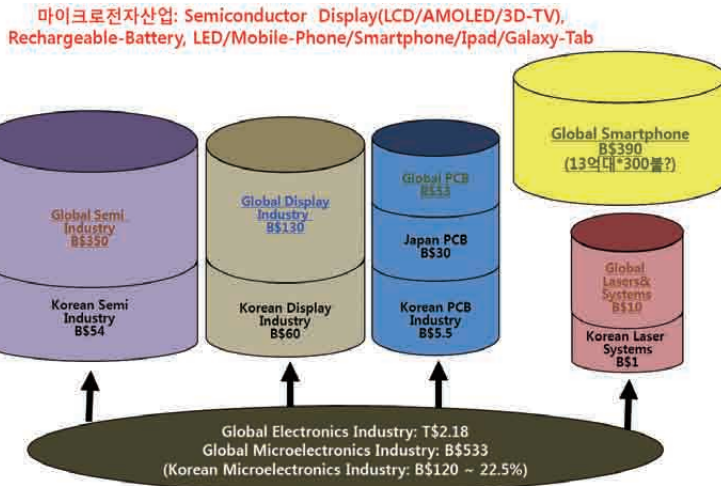
마이크로레이저가공의 핵심요소기술인 고출력광섬유레이저를 얘기할 때는 1조달러의 투자가 거품으로 사라졌다는 정보통신기술버블(Information Technology Bubble)의 붕괴가 이루어진 2000~2001년을 빼놓고 얘기할 수가 없다. 1990년대 중반부터 인터넷트래픽은 매년 2배씩 기하급수적으로 증가하고 있었고, 이러한 통신용량증대는 통신인프라에 대한 대대적인 투자를 필요로 하였으며 기존의 구리선 기반 통신은 이러한 요구에 부응할 수 없어서 광통신 기술을 필요로 하였다. 그 당시 불과 5~6년 사이에 막대한 광통신관련 핵심기술, 부품기술, 주변기술들에 대한 투자가 이루어졌고, 고밀도파장분할다중화(Dense Wavelength-Division Multiplexing; DWDM) 광통신기술의 발명은 이러한 통신용량증대 요구를 만족시켜 줄 수 있었으며, 이전의 통신망속도 증설시 네트워크장비 전체를 교체해야 했던 고비용 구조와는 달리 채널카드라고 부르는 1~2개 파장 송수신카드와 핵심관련 설비만 추가하면 되는 저비용구조로 변화되면서 통신서비스회사에 막대한 비용절감이란

* (주)이오테크닉스

고출력 광섬유레이저 응용 최신 시장동향

선물을 안겨 주었다. 그러나 통신장비회사는 3~4년마다 오는 전체 통신장비교체라는 막대한 시장을 상실하여 수많은 통신장비회사가 수익성을 상실하고 파산하였고 광통신장비의 핵심부품인 통신용 광섬유 증폭기, 광섬유레이저, 펄핑레이저다이오드, 광섬유 등의 수많은 제조회사들도 파산하게 되었다. 하지만 이러한 잣대미 속에서도 광섬유레이저 회사들 중에 미국의 아이피지포토닉스(IPG Photonics; IPGP)와 영국의 에스피아이(SPI Laser; SPIL)는 2000년에 각각 1억불의 투자를 받아서 새로운 활로를 산업용 고출력레이저 분야에서 개척하게 되었고, 이것이 산

업용 고출력광섬유레이저 기술과 시장의 태동이라고 하겠다. 하지만 IPGP는 미국에서 여러 핵심기술과 장비들을 매우 저렴하게 인수할 수 있는 기회가 많았고 많은 광섬유레이저 관련 엔지니어들과 기술자들을 손쉽게 고용할 수 있었으며, 관련된 시장이 미국 내에 많이 있어서 재정장의 발판을 구축할 수 있어서 2016년에 매출이 1조원 이상으로 증가하였다. 그러나 SPIL은 영국에서 우수한 기술력과 사우쓰햄프턴대학교의 기술적 지원이 있었음에도 그러한 기술적 잔재와 배경이 없어서 성장동력을 충분히 확보하지 못하였고 끝내 트롬프레이저(Trumpf Laser)에 인수되었다.



Global GDP: T\$75.0, Korean GDP: T\$1.3 (about 1.7%)

그림 1. 마이크로전자산업 시장 현황 (2015년 기준).

2015년: 9,000만대. 1대당 평균판가 2만불을 적용하면 약 1.8조달러.

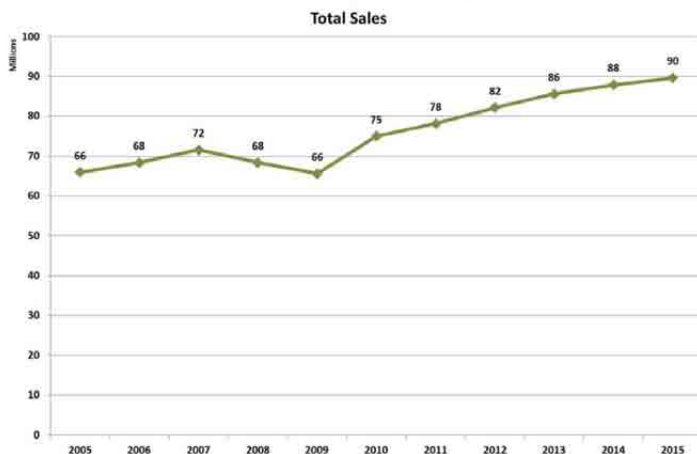
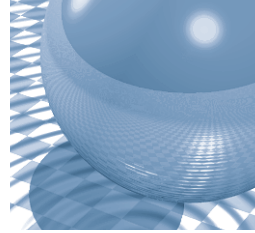


그림 2. 글로벌 자동차 판매 동향 (신차판매 기준; 참고문헌 [1])

먼저 마이크로전자산업 시장현황을 알아 본다 (2015년 시장환경 기준; 그림 1 참조). 전세계 GDP는 약 75조달러이고 한국의 GDP는 약 1.3조달러인데, 전세계 전자산업 규모는 약 2.18조달러로 추정되고 전세계 마이크로전자산업 규모는 약 5300억달러로 추정된다. 이 마이크로전자산업에서 반도체산업이 약 3500억달러, 디스플레이산업이 약 1300억달러, PCB산업이 약 530억불로 추정되며, 레이저산업은 약 100억달러로 추정된다. 또한 스마트폰산업은 13억대판매에 1대당 판매단가 약 300달러를 곱하면 약 3900억달러로 추정되므로 스마트폰산업까지 포함한 마이크로전자산업 시장은 약 9200억달러로 추정되고 있다.

이번에는 고출력레이저가공이 많이 응용되고 있는 마크로산업 중에서 대표산업인 자동차산업 시장현황을 알아본다. 자동차산업은 100년 이상의 역사를 가지고 있으며 2015년에 전세계에 약 9천만대가 판매된 것으로 추정되고 있다 (그림 2 참조).



1대당 평균판매단가 2만달러를 적용하면 2015년 시장규모는 약 1.8조달러가 되어 스마트폰산업을 포함한 마이크로전자산업의 약 2배가 된다. 이 중에서 약 10%를 조립프로세스 장비시장으로 추정하면 1800억달러가 되며, 이 중에 5%를 자동차용 레이저 가공장비 시장으로 추정하면 90억달러가 된다. 이렇게 추정한 자동차용 레이저가공장비 시장의 30%를 고효율 광섬유레이저 가공장비시장으로 추정한다면 약 27억불 또는 3조원이 되어 다른 곳에서 참조하는 시장수치들과 비슷하게 맞아 떨어진다. 글로벌 주요 자동차제조회사들의 2015년 사업결과 현황을 살펴본다 (그림 3 참조). 도요타(Toyota), 폭스바겐(Volkswagen), 제너럴모터스(General Motors)가 1, 2, 3위로서 모두 약 1천만대를 판매하였으나 매출액/순이익은 차이가 나서 각각 2,539억달러/207억달러, 2,261억달러/-14.5억달러, 1,524억달러/96.9억달러를 달성하였으며 추가총액은 각각 2,029억달러, 682억달러, 525억달러로서 큰 차이를 나타내고 있다. 그 뒤

를 르노닛산(Renault-Nissan; 853만대), 현대(Hyundai; 788만대), 포드(Ford; 664만대)가 4, 5, 6위로 뒤따르고 있으며 매출액/순이익은 각각 1,494억달러/68억달러, 787억달러/55억달러, 1,496억달러/74억달러를 달성하였으며 추가총액은 각각 648억달러, 254억달러, 479억달러로서 큰 차이를 나타내고 있다.

다음으로 최근에 미래기술로 핫이슈가 되고 있으며 레이저가공이 더욱 많이 응용되고 있는 전기자동차 시장을 알아 본다 (그림 4 참조).

전기자동차는 순수한 전기자동차인 배터리전기자동차(Battery Electrical Vehicle; BEV)와 가솔린엔진에 보조로서 배터리를 사용하고 있는 충전형하이브리드전기자동차(Plug-in Hybrid Electrical Vehicle; PHEV)의 2가지로 분류되며 글로벌 판매대수 비율은 BEV전기자동차:PHEV하이브리드자동차가 약 6:4로 추정되고 있다. 판매트렌드는 2012~2016년에 각각 10/21/32/54/85만대로 추정되고 있다. 제조회사별

로는 BYD(중국), 테슬라(미국), 폭스바겐(독일)이 글로벌 1, 2, 3위로서 2016년에 각각 10/7.5/5.7만대를 판매한 것으로 추정되고 있다. 전기자동차에 필수적인 2차전지 시장은 2015년에 약 600억달러로 추정되며 2020년에는 1,200억달러까지 성장할 것으로 전망되고 있다 (참고문헌: International Information Technology, Avicenne Energy). 현재는 리튬전지 시장의 전개에서 시장규모가 전기자동차용과 휴대IT기기용 2차전지의 비중이 비슷하고 에너지저장장치용 2차전지시장은 10%정도이나 2020년에는 에너지저장장치용 2차전지 시장규모가 약 1/3 정도가 될 것으로 전망되고 있다. 2차전지에는 특히 많은 레이저용접과 절단과정이 적용되고 있다.

이번에는 자동차산업용 레이저응용분야를 조망해 본다. 화공레이저(중국)에서 공개한 자료에 따르면 도

제조업체	판매대수 (백만대; 2015)	매출액 (억불2015)	순이익 (억불; 2015)	추가총액 (억불; Nov-29- 2016)
Toyota	10.08	2,539	207.0	2,029
Volkswagen Group	9.93	2,261	-14.5	682
GM	9.80	1,524	96.9	525
Renault-Nissan	8.53	1,494	68.0	648
Hyundai	7.88	787	54.6	254
Ford	6.64	1,496	73.7	479
기타	37.10			
합계	90.00			

그림 3. 글로벌 주요 자동차제조회사 최신현황 (2015년; 참고문헌[2])

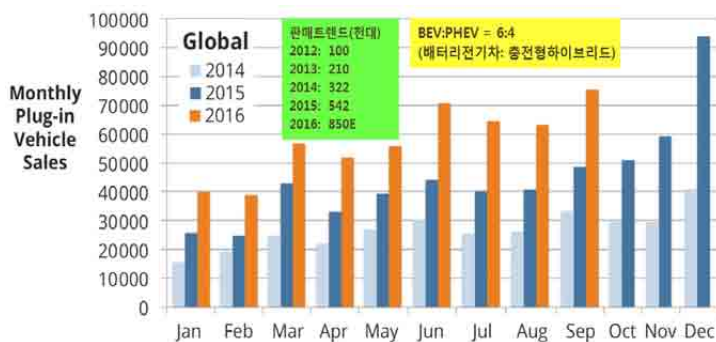


그림 4. 글로벌 전기자동차 판매 현황 (2016; 참고문헌[3]).

고출력 광섬유레이저 응용 최신 시장동향

2013. London.



그림 5. 런던에서 운행중인 BYD사에서 공급한 전기자동차 (참고문헌 [5]).

어용접, 테일러드블랭크용접, 기어휠용접, 내부절단, 탱크용접, 차체오픈닝절단 등을 포함하여 15종 이상의 용접 및 절단 응용이 있으며 실제로는 이보다 훨씬 많은 레이저응용이 자동차에 적용되고 있는 것으로 추정된다. 고유연성/고정밀도/고품질/청정생산/고자동화/지능화생산/고응용성/고경제성/환경친화형 레이저가공의 장점들 때문에 50~70%의 자동차용 부품들이 레이저로 가공중인 것으로 추정되고 있다. 최근에 공개된 자료에 따르면 세계 최대의 전기자동차 제조업체인 BYD(중국)의 생산라인에서 전기자동차 배터리 레이저용접에 Trumpf사에서 총 120대의 레이저용접기(TruDisk 70대, TruPulse 50대)를 공급한 것으로 파악되고 있다 (참고문헌 [4]). [그림 4]에서는 BYD사에서 런던에 공급한 1층전기자동차버스(2013년 운행시작)와 2층전기자동차버스(2015년 운행시작)가 운행되고 있는 사진을 볼 수 있다 (참고문헌 [5])

2016년 3월에 옵텍컨설팅(Optech Consulting)사에서 공개한 시장자료에 따르면 2014년도의 글로벌 레이저가공장비시장은 118억달러로 추정되고 있다 (참고문헌 [6]). 이때 고출력광섬유레이저 가공장비는 약 13억달러로 추정되는데 1대당 평균판매단가를 65만달러로 추정하면 약 2000대이며, 고출력CO2레이저 가공장비는 약 40억달러인데 1대당 평균판매단가를 60만달러로 추정하면 약 6,700대가 되며, 고출력 LD직접응용 가공장비는 전체장비의 약 13%인 15억달러로 추정되고 있다. 고출력광섬유레이저 광원시

2015. London.



장은 2016년5월11일의 IPGP IR자료에 잘 나타나 있다 (Laser Focus World, Industrial Laser Solutions, Strategies Unlimited, Optech Consulting 등의 자료와 IPGP 자체자료를 사용하여 분석한 것으로 추정됨). 절단(Cutting)과 용접(Welding) 시장을 놓고 보았을 때 2015년에 절단용 레이저시장이 10.53억달러이고 용접용 레이저시장이 4.01억달러로서 총 14.54억달러이다. 이때 절단용 레이저의 경우에 광섬유레이저/기타레이저의 시장비율은 2015년에 4.62억달러/5.91억달러로서 광섬유레이저시장이 44%인데, 2020년에는 9.67억달러/3.64억달러로서 광섬유레이저의 시장점유율이 73%로 급격하게 증가할 전망이다. 용접용 레이저의 경우에 광섬유레이저/기타레이저의 시

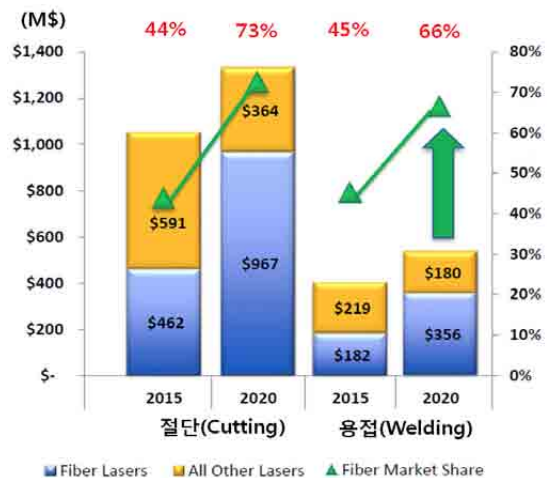


그림 6. 기존의 절단/용접용 가공시장을 대체하는 광섬유레이저 (참고문헌 [7])

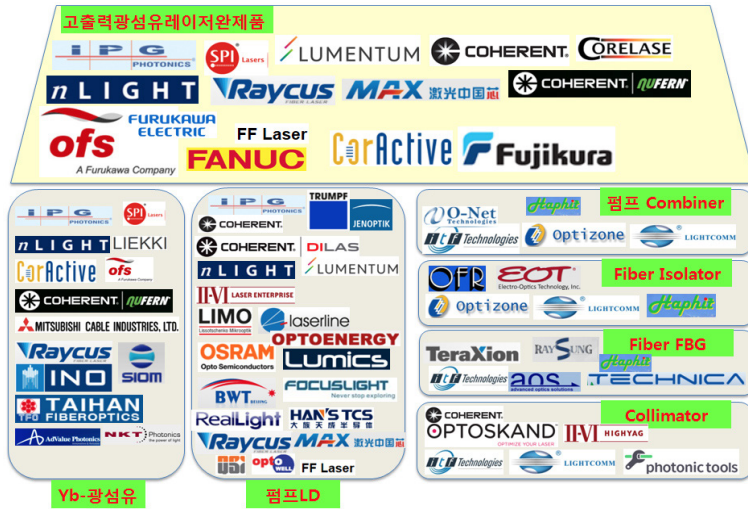
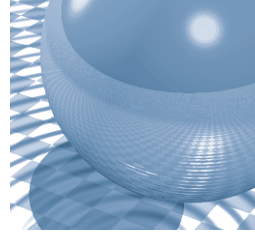


그림 7. 고출력 광섬유레이저 에코시스템 최신현황.

장비율은 2015년에 1.82억달러/2.19억달러로서 광섬유레이저시장이 45%인데, 2020년에는 3.56억달러/1.80억달러로서 광섬유레이저의 시장점유율이 66%로 급격하게 증가할 전망이다 (참고문헌 [7]).

이번에는 고출력 광섬유레이저광원 에코시스템에 대해서 리뷰해 본다 ([그림 8] 참조; 참고문헌 [8]). 고출력 광섬유레이저광원 에코시스템의 구성요소들은 완제품, Yb-첨가광섬유, 펌핑레이저다이오드(펌핑 LD), 펌프결합기(Pump Combiner), 광섬유광고립기(Fiber Isolator), 광섬유브래그격자반사경(Fiber Bragg Grating Mirror; FBG Mirror), 광섬유콜리메이터(Fiber Collimator) 등이 있다. 예전에는 이러한 핵심광부품 공급회사들의 역량이나 시장경쟁성이 약했었지만 이제는 기술, 시장성, 가격 등에서 경쟁력을 갖추어서 부품구입후 조립하여 완제품을 제작하여 경쟁할 수 있는 토대가 구축되었다고 하겠다. 고출력 광섬유레이저광원 완제품 제조회사들은 유럽에 IPG Photonics(독일공장, 러시아공장), SPI Laser(Trumpf에 인수됨), Corelase(Rofin 계열사였는데 Rofin 전체가 Coherent에 인수됨) 등이 있으며, 미국에는 IPG Photonics(본사), Lumentum(전 JDSU, Amada의 핵심공급업체), Coherent, nLight, OFS, CorActive(Han's Laser에 인수됨), Nufern (Rofin 계열사였는데 Rofin 전체가 Coherent에 인수됨) 등이 있고 아시아에는 이오테크닉스(한국), 대한광통신

(한국), Raycus(중국), Max Photonics(중국), Furukawa(일본), Fujikura(일본), FANUC(일본) 등이 있다. 그리고 이미 중국에는 10개사 이상의 고출력광섬유레이저 제조회사들이 있다.

마지막으로 고출력광섬유레이저 기술과 시장의 최신동향을 요약하면 다음과 같이 12가지로 요약할 수 있겠다. (1) IPGP 단독의 독점체제는 일단 붕괴된 것으로 판단됨 (IPGP, SPIL(Trumpf), Coherent, nLight, Lumentum, Raycus, Max Photonics 등). (2) OEM모듈 공급업체의 등장과 성장 (CorActive, OFS). 하지만 2016년11월에 CorActive사가 중국의 Han's Laser로 3천만달러에 인수되었음. (3) 관련된 광부품업체들의 증가 (Fiber, LD, Combiner, Collimator 등). (4) 합종연횡 (Nufern->Rofin, Rofin->Coherent, SPI/JK Laser->Trumpf, Liekki->nLight, CorActive->Han's Laser 등). (5) 광섬유레이저제조업체의 펌핑LD 내재화 또는 수직계열화 (Coherent, Trumpf, Rofin, nLight, Lumentum, Han's Laser 등). (6) 중국 LD제조업체의 급증 (BWT, Focus Light, Realight, Han's TCS, Raycus, Max Photonics 등). (7) 중국 고출력광섬유레이저 제조업체 급증 (Raycus, Max Photonics 등 10개사 이상). (8) 하지만 대부분의 LD칩은 미국에서 생산중 (Coherent, Lumentum, nLight, Trumpf 등). (9) 일부 LD칩들은 EU에서 생산중 (II-VI, JenOptik, Osram 등). (10) 이제 국내에서도 LD 개발/생산 도입기 (QSI, Optowell, EoL 등). (11) 싱글모드 고출력광섬유레이저 모듈의 고출력화 (500W, 1kW, 1.5kW, 2kW 등). (12) 저출력 펄스광섬유레이저 시장의 레드오션화 (4~5년전 1만달러 제품이 2천불대로 하락하여 중국제품마저도 수익성확보가 불가능).

결론적으로 이러한 변화와 가격파괴적인 혁신의 환경에서 한국의 열악한 공학교육, 그보다도 더욱 열악한 레이저교육의 현실 및 산업현장과 다소 유리되어 있는 대학과 정부출연연구소의 연구분야 등을 감

고출력 광섬유레이저 응용 최신 시장동향

안할 때 국내의 레이저산업과 고출력광섬유레이저 산업 및 레이저응용산업을 어떻게 잘 형성시키고 성장시켜 나가야 하는가와 산학연 협력 연구개발은 어디로 가야만 하는지 심각한 고민과 논의가 필요한 상황이라고 하겠다.

참고문헌

- [1] www.oica.net/wp-content/uploads/total-sales-2015.jpg.
- [2] www.statista.com/statistics/271608/global-vehicle-sales-of-automobile-manufacturers.
- [3] www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes.
- [4] www.laser-community.com/en/e-mobility-laser-welds-batteries-electric-buses.
- [5] en.wikipedia.org/wiki/Battery_electric_bus.
- [6] www.optech-consulting.com/html/press_release_-_17thmarch_2016.html.
- [7] <http://investor.ipgphotonics.com/~media/Files/IpG-Photonics-IR/reports-and-presentations/ipg-2016-investor-day-presentation.pdf>
- [8] 김남성, Photonics Conference 2016 - 광섬유레이저특별세션 I, 고출력 광섬유레이저시장 에코시스템의 최신동향.

약 력



김남성

김남성 박사는 1995년 KAIST에서 물리학(레이저 광학)으로 박사학위를 취득하였고 영국 옥스퍼드대학교에서 포스트닥터과정을 거쳤으며, 삼성항공, 삼성전자, 금호정보통신연구소, 노텔네트웍스, 한국광기술원, 루트로닉 등에서 근무하였고 현재 (주)이오테크닉스에서 Chief Laser Scientist로 근무하고 있다.

nskim@eotechnics.com