

산업용 레이저의 기술개발 및 응용

한국광학기기협회와 한국광학회 양자전자분과에서는 지난 5월 1일부터 3일까지 제주대학교 연수원에서 첨단레이저 및 레이저응용 워크숍을 공동 주최했다. 본 고에서는 '산업용 레이저의 기술개발 및 응용'이란 주제하에 하나기술에서 발표한 '한국 레이저 산업의 국제화 전략'과 레이저&피직스에서 발표한 '엑시머 레이저의 기술동향' 내용을 게재했다.

편집자 주

산업용 레이저 산업 동향 및 한국 레이저 산업의 국제화 전략

발표 : 하나기술(주) 김도열 대표

한국의 산업용 레이저 및 레이저 가공기의 개발은 1984년부터 시작 되었다. 이는 1970년대 연구소와 학계를 중심으로 한 기초 연구에 그 바탕을 두었다. 80년대 중반에 산업용 레이저 및 시스템의 연구는 대기업에서 차세대 성장 가능한 새로운 사업 군으로 인식을 하고 시작된 것이다. 그러나 시장 규모가 대기업 사업 군으로는 작고, 고객에 대한 신속한 대응이 필요 하는 등 중소기업 업종에 걸 맞는다는 시장 상황을 이해함에 따라 대기업을 중심으로 시작된 산업용 레이저 및 레이저 가공기의 연구와 사업화가 중소벤처기업으로 이전되어 지금까지

활발한 사업 활동을 하게 되었다.

2000년도 광학회중 개최된 레이저 산업 워크숍에서 필자는 '한국 레이저 산업의 국제화 전략'이라는 주제로 발표를 한 바 있다. 이때는 경영 이론 체계 분석을 바탕으로 국제화를 위한 제반 요인들을 학술적으로 살펴보았다. 그때로부터 3년이 지난 지금, 한국의 레이저 산업은 그 규모가 더욱 커졌으며 아시아를 기점으로 하여 세계로 진출하고 있다.

2001~2002년에는 세계 경제의 침체와 더불어 한국의 레이저 산업은 다소 성장이 더디었으나 세계화에는 진척이 있었다. 레이저 마킹기, 레이저 절단 가공기, 레이저 용접기 등의 수출이 본격화 되고 국제 경쟁체계를 갖추는 기초 단계에 이르렀다. 레이저 사업화 초기인 80년대 중반부터 이미 우리나라는 외국 기업의 제품이 시장을 장악하고 있었고, 국내 레이저 시스템 제조회사는 창업

초기부터 국내에서 국제 경쟁을 하기 시작 하였다. 이러한 경험이 세계화의 기반이 된 것으로 여겨진다. 본 발표에서는 한국의 레이저 및 레이저 시스템 산업이 세계화가 되기 위한 국제 경쟁 구도 상에서 세계적 경쟁력을 확보하기 위한 현실적인 방안들을 같이 논의해보고자 한다.

먼저 세계 산업용 레이저 시장을 돌아보고 2010년도 레이저 산업의 향방을 보며 우리나라의 산업용 레이저 산업이 나아가할 방향을 가늠해 보고자 한다. 레이저 가공기 세계 시장 규모는 2004년에 약 40억 달러, 2010년에 약 70억 달러 이상의 규모로 성장할 것으로 예상된다. 이는 1990년 9억 달러인 시장 규모에 비해 약 8배로 세계 시장이 성장한 것을 나타내며 매년 두 자리 이상 성장을 한 결과이다.

향후 레이저 시스템 시장의 변화 추이를 보면, 레이저 시스템 시장 분석가들은 고출력 CO₂ 레이저가공기의 시장이 고출력 연속발진 고체 레이저 (CW Nd:YAG) 시스템 시장으로 대체될 가능성을 주장하고 있다. 고출력 CO₂ 레이저 가공기 시장은 급속박판 절단(2D 절단)이 약 70%로 시장의 대부분을 이루었으나 2005년부터 하락하여 2010년에는 1999년도의 시장규모가 될 것으로 보고 있다. 이는 기계 산업과 비금속가공의 영역에서는 꾸준한 증가를 보이겠으나 전기 전자 산업 군과 특히 임가공에서 시장축소가 예상되는 결과라는 것이다. 고출력 고체 레이저의 출시로 연속출력 Nd:YAG 레이저의 장점을 살려 절단영역으로의 응용이 확대 되면서 CO₂ 레이저 가공기의 고유 영역이었던 2D 절단영역을 잠식하며 장기적으로 성장할 것이라는 것이다. 이것이 현실화할 것인가 하는 점에는 논란의 여지가 많다. 왜냐하면 산업용 레이저 시장의 분석가들은 아시아의 시장을 2010년에도 세계 시장의 약 7% 정도만 차지 할 것이라는 가정에 바탕을 두고 있기 때문이다. 미국과 유럽에서는 산업 군이 보다 고부가가치 부품으로 이전하게 되므로 CO₂ 레이저 가공기의 2D 절단영역의 시장이 줄어들 것으로 보고 있는게 당연하다 할 것이다. 그러나 중국을 중심으로 한 저가 대량 생산 제조업의 발전은 이러한 가정에 수정을 가하게 될 수도 있을 것이다.

용점은 여전히 고출력 고체 레이저의 주 시장이 될 것이다. 특히 자동차 산업이 그 주 고객이 되며, 기타

산업 응용 영역에서 급속한 증가가 예상된다. 또한 아시아 시장에서의 응용이 크게 증가 될 것으로 보인다. 이에 따라 고출력 연속발진 고체 레이저 시장은 2010년까지 매년 약 30%의 성장이 예상 되고 있다. 펄스 레이저 시스템과 레이저 마킹기 시장은 연간 10% 이상의 성장을 예상하고 있다.

레이저 발전기의 시장을 보면 CO₂ 레이저에 있어 200W 이하 저출력의 경우는 예전에 비해 낮은 수준이나 계속 성장할 것으로 보이는 반면, 5~10 kw 급 외에 다른 고출력의 경우는 시장의 규모가 작아져서 2004년에 약 4억 달러의 규모가 2010년에는 약 2.3억 달러 수준으로 하향할 것으로 예상되고 있다. 고체 레이저는 DPSSL (Diode Pumped Solid State Laser)의 약진이 두드러져서 2010년에 고출력 DPSSL 시장규모는 약 17억 달러 (Lamp Pumped CW Nd:YAG 레이저의 경우 약 74백만 불)로 성장 할 것으로 예상되며, 레이저 마킹 및 정밀 가공용 저출력 DPSSL의 시장 규모도 약 13억 달러에 달할 것으로 분석되고 있다. 이는 DPSS 레이저 발전기 자체의 시장이 30억 달러를 넘는 놀라운 성장이라 할 수 있다.

레이저 자체의 개발 인프라는 한국이 기술 선진국에 비해 매우 열악하다. 학계 및 연구기관에 인력은 충분히 있으나 시스템의 가격이 매우 높고 운영비용이 높으며, 연구 개발비가 매우 많이 들에 따라 연구를 지속하기가 쉽지 않다. 따라서 이러한 인프라하에서 레이저 자체로서 국제 경쟁력을 확보하기에는 어려운 점이 많다. 그러나 레이저 시스템으로는 비교적 긍정적이라 할 수 있다. 왜냐하면 세계적으로 공급 과잉 시대에 접어들어서 부품 생산시 원가를 낮추기 위해서는 설비의 투자비를 절감하는 것이 매우 중요하게 되었고, 그동안 한국 제품의 신뢰성확보는 우리나라의 생산기술 우수성을 나타내어 한국 자본재 장비에도 파급되어 한국산에 대한 인식이 예전에 비해 많이 좋아졌다는 것이다.

일반적으로 레이저 시스템이 세계 시장에서 꾸준한 성장을 하기 위해서는 세계적인 규모의 대형고객의 공급자가 되는 것이 매우 중요하다. 한국의 레이저 마킹기는 대형고객의 공급자로서의 입지를 굳히는 단계에 접어들어 안정적 성장을 하고 있으며, 세계

시장의 진입 장벽이 매우 높은 레이저 용접기의 경우도 진입에 성공하였다. 레이저 절단기는 시장의 특성상 임가공을 중심으로 수출을 하게 되는데 현재 활발하게 수출을 하고 있다.

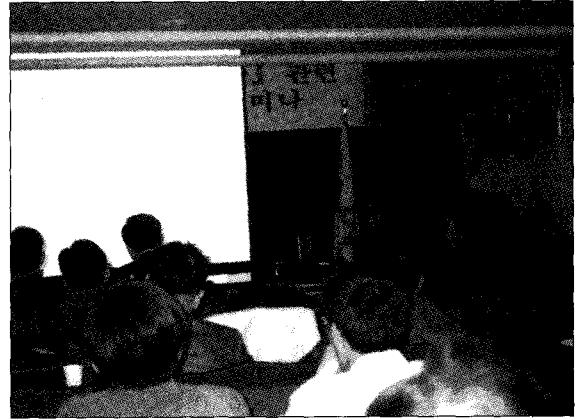
수출을 하기 위해서 성능(performance), 서비스(Service), 가격(Price) 및 브랜드 (Brand Image)가 매우 중요한 요소가 되는데 이 모두에서 우리나라는 열악한 환경에 처해 있다. 한국에서 레이저 시스템을 생산하는데 에 있어서 단점으로는 재료비율이 선진국에 비해 높다는 것과 서비스를 제공하는데 에 비용이 높고 언어적 장벽이 크다는 점, 제품 제조의 기반 기술이 취약할 뿐 아니라 고객사들이 선진국 제품을 선호한다는 커다란 벽이 있다. 장점으로는 국외 기술진에 비해 상대적으로 우수한 인력을 확보 할 수 있고 사고의 유연성이 높고 고객의 요구 사항에 대한 빠른 대응력 및 연구 개발비용이 낮다는 것이다.

세계 레이저 산업을 보면 아직까지는 레이저 및 시스템의 제조사가 일본, 미국, 유럽 등에 국한 되어있다. 이는 제조사의 지명도에 따라 구입하는 보수적 시장으로 대형 고객들이 일본, 미국, 유럽에 있어서 고객 제품의 개발 단계부터 서로 협력하고 있다는 점과 레이저 및 시스템은 고부가가치 산업 군에 속하며 외국의 대기업들이 눈여겨보지 않는 틈새시장 산업 군이기 때문으로 보인다.

이러한 환경에서 한국의 레이저 산업이 성공적인 국제화를 하기 위한 방안으로는 세계적 수준의 제품 출시, 한국의 서비스 마인드의 접목, 국내 레이저 업체들의 단계적 협력(낮은 단계 : 마케팅 공조, 높은 단계 : Consolidation)과 국내 내수 시장 기반 구축, 고객사와의 긴밀한 협력 및 국가적 연구개발의 지속이 필연적이라 하겠다.

참고문헌

1. 한국과학기술정보연구원(한국광산업진흥회), "레이저 가공 및 응용산업의 산업. 시장 동향 분석" 2002.10
2. Review and Forecast of the Laser markets , Laser Focus World , 2000-2003
3. Industrial Laser Solution "Market Place for Industrial Lasers , Forum" 1996-2000



▶ 한국광학기기협회와 한국광학회 양자전자분과에서는 지난 5월 1일부터 3일까지 제주대학교 연수원에서 첨단레이저 및 레이저응용 워크샵을 공동 주최했다.

국내 엑시머 레이저 기술 현황

발표 : 레이저&피직스 한기관 대표

엑시머(excimer)란 excited dimer의 줄인 말이며, dimer는 Xe₂, Kr₂, Ar₂처럼 동일한 원자 두 개로 만들어진 분자를 일컫는다. 실제 레이저로 사용중인 엑시머는 KrF, ArF, XeCl 등으로, excimer라기 보다는 heteroexcimer 또는 exciplex라고 하는 것이 맞을 것인데 특별히 구별하지 않고 이들 모두 excimer라 부른다.

이 엑시머라는 것이 불활성 원자로 되어있기 때문에 상온, 정상 상태에서는 분자를 이룰 수 없다. 그렇기 때문에 순간적으로 많은 에너지를 주어서 만든 엑시머는 재빨리 분리되어 안정된 상태로 되돌아가면서 가지고 있던 에너지를 빛 형태로 방출한다. 에너지가 크다 보니까 방출하는 빛도 파장이 짧은 자외선이다. 그래서 레이저가 아니라 단지 자외선 광원인 엑시머 램프도 wafer cleaning 등에 사용된다. 사람들의 관심은 이처럼 짧은 파장을 가지는 물질을 레이저로 만들면 이용 가치가 많을 것이라는 데 있었고, 그 실현은 1970년대에 엑시머 레이저로 이루어졌다. 초기 엑시머 레이저는 비싸며 사용하기 어렵고 성능이 좋지 않아서 연구용으로 사용되는 것 외는 산업용으로 쓰임이 많지 않았다. 그러나 응용분야에 대한 확신을 가진 연구원들이 레이저 성능을 계속 개선시켜서 마침내 산업용으로



나오게 되었다.

엑시머 레이저가 한 용도로 많이 쓰게 된 분야가 안과용이었다. 한 때 우리나라는 안과용 엑시머 레이저 최대 수요국이 되기도 하였다. 국내에 약 150대가 보급되어 있는 것으로 의사들은 추정하고 있다. 안과 외 사용분야가 발굴되지 않는 한 의료용 엑시머레이저의 많은 수요는 없을 것으로 보이며, 새로운 적용 분야가 있다 하더라도 지금처럼 큰 에너지로 식각에 사용할 것은 아니기 때문에 YAG레이저를 파장 변환시킨 UV레이저(고조파 레이저)가 엑시머 레이저를 대체할 수 있기 때문이다. YAG고조파 레이저는 새로운 UV광 원으로 주목받으며 기존 엑시머 레이저 적용 분야를 많이 잠식해왔다. 산업용 레이저 분야에서 고체 레이저가 거의 모든 기체나 액체 레이저를 대신할 것으로 보여지고 있다.

엑시머 레이저의 큰 단점은 유지 보수에 비용이 많이 든다는 것이다. 그러나 최근 반도체 노광용 엑시머 레이저는 출력 안정성, 사용 수명, 펄스 반복률에서 매우 발전된 모습으로 나오고 있다. 엑시머 레이저의 최대 장점은 큰 에너지를 가진 자외선 펄스를 만들 수 있다는 것이다. 어떠한 물질도 가공하기 위해서는 문턱이 존재한다. 예를 들면 금속을 기계가공하기 위해서는 금속의 탄성한계를 넘어 소성 변형을 일으킬 만큼 힘을 주어야 하듯이 레이저 가공에도 문턱이 있다. 이 문턱은 두 가지로 나타나는데 하나는 빛의 파장이고 다른 하나는 펄스 당 에너지이다. 엑시머 레이저로 얻을 수 있는 에너지는 10ns 동안에 수J 정도이다. 또한 펄스 당 에너지를 수십mJ로 낮추면 펄스 반복률을 2kHz 이상도 올릴 수 있다. 이것은 YAG 고조파 레이저로 실현하기 어려운 부분이다. 이러한 엑시머 레이저 성능은 미세 가공 분야에서 탁월한 성능을 가질 것이다. 현재 PCB 드릴링에는 CO₂나 YAG레이저를 쓰고 있지만, CO₂는 가공 정밀도에서 뒤떨어지고 고조파 YAG레이저는 속도면에서 엑시머에 뒤떨어진다. 또한 엑시머 레이저로 가공된 각종 재료 표면도 매우 좋은데, 그 이유는 장파장 장펄스 레이저로 가공된 재질은 주로 열 작용에 의한 것인데 비해 엑시머 레이저로 가공할 경우는 분자의 결합을 깨는 등 작용 기작이 화학적이기 때문이다.

엑시머 레이저 성능이 향상된 것이 기술적인 면이나 재료에 있어서 획기적 진전이 있어서는 아니라는 것을 알 수 있다. 엑시머 레이저 내부 재료는 이미 수십년 간 사용했던 것이며, 전원 장치에 사용하는 싸이라트론이나 펄스 압축 방식은 전기 전자 전문가들에게는 평범한 이야기일 것이다. 그럼에도 날로 성능이 좋은 레이저가 출시 된다는 것은 시장에서 지금에서야 수요가 있기 때문이다. 이와 같은 추세라면 엑시머 레이저도 CO₂레이저처럼 싸고 다루기 편한 형태로 개발되어 미세가공 분야에서 쉽게 사용할 날도 멀지 않았다고 보인다.

이러한 응용 분야 확대에 따라 여러 레이저 회사들의 부침이 있었는데, 엑시머 레이저의 선두 주자였던 독일의 랍다 피직크도 노광용 엑시머 레이저를 출시하였으나, 시장 반응이 좋지 않아서 가공용 레이저를 주로 판매하고 있다. 현재 노광용 엑시머 레이저 시장의 90%를 차지하고 있는 사이머사는 2kHz 반복률을 가지는, 약간씩 업그레이드된 KrF 레이저를 연속으로 출시하므로써 ArF 레이저가 나오기 전까지 조금 더 유지될 KrF 레이저 시장에서 이익을 챙길 의도를 보이고 있다. 사이머사의 강한 도전자는 일본의 Gigaphoton사이다. 기가포톤사는 Komatsu와 Ushio사가 엑시머 레이저 사업부를 합병하면서 설립한 회사인데, 우리나라 반도체 회사에도 납품 실적이 있는 고마츠의 기술과 우시오 자본이 결합한 것이라는 게 관계자의 설명이다. 합병전 고마츠가 내놓은 KrF 레이저는 사이머 제품보다 우수한 것으로 보이나 사이머가 장악한 시장에 얼마나 파고 들 것인가는 관심거리다. 현재 10여대 정도 국내에 보급된 것으로 알려져있으며, 기가포톤의 유리한 점은 노광장비 제조사인 니콘과 캐논이 일본 회사라는 것이다. 일본 여러 NEC 공장 중에서 신규 설비 공장은 Gigaphoton 레이저를 전량 사용한 경우도 있다. 그 외에도 잘 알려진 루모닉스가 있으며, 우리나라에서는 LASER & PHYSICS사가 유일하게 엑시머 레이저를 제작하여 반도체 회사에 납품하고 있다.

현재 가장 많이 쓰이는 엑시머 레이저는 의료용으로 XeCl와 노광용 KrF레이저이다. 랍다 피직크와 기가포톤사에서 차세대 노광용 ArF 레이저를 개발하여 내놓고 있으나, 기술적인 면에서 보면

KrF에서 ArF로 가는 것이 대단한 차이는 아니다. 문제는 노광장비에 있다. 더욱 줄여야 하는 광학계 정밀도, 1/2~1/3정도 짧아질 광학계 수명으로 상승되는 원가 등으로 인해 ArF를 장착한 노광장비가 KrF 노광장비를 대체하기에는 예상보다 2년 뒤로 미루어질 것으로 보인다. 그러므로 현시점에서 F2 엑시머 레이저를 장착한 노광장비를 논하기는 시기상조인 것 같다.

우리나라 엑시머 레이저 보유 대수는 의료용 150대, 반도체 제조용 250대 가량 있으며 올 연말까지 반도체 분야와 미세가공 분야에 50대 가량 증가할 것으로 보인다. YAG 레이저를 포함하여 우리나라 레이저 시장 규모는 추산하기 어려운 부분이 있다. 그것은 레이저 홀로 수입되기 보다는 큰 장비의 한 부품 형태로 들어오기 때문이다. 우리나라 시장 추정치는 레이저 본체나, 레이저 마커처럼 대상이 분명한 경우만 집계하고 있으나, 반도체 노광 장비, DRAM repair 장비, 검사장비에 부착되어 들어오는 것은 레이저 뿐만아니라, 이들 레이저 교체 규모도 시장 규모 추정치에 포함되지 않고 있다. 노광장비에는 5종의 레이저가 부착되어 있으며 1년에 1~2회 교체하고 있으나 국산화가 되지않아서 원 maker에서 A/S 형태로 교체하고 있는데, 구매담당자의 말에 따르면 1개 공장에서 레이저 교체 구매액수가 한해 200억원 가량 된다고 한다. 이를



▶ 제주대학교 연수원 앞에서 참가자들이 기념촬영을 했다.

근거로 노광 장비에만 들어가는 레이저 시장 규모를 추정해 보면 1000억원이 넘는다. 레이저 관련자들의 추정치에 의하면 우리나라 레이저 시장 규모를 1000~1500억원으로 보고 있는데, 이것은 레이저 마커와 절단·용접기를 시장의 대부분으로 판단한 것으로 보인다. 국내 반도체 생산 라인에 준비하게 늘어난 레이저 마커, 레이저 검사장비, repair 장비들에서 국산을 찾아 보기 어려운 것도 위 추정치가 너무 적게 잡혀있다는 것을 증명하고 있다. 이처럼 시장 규모를 현실에 맞지않게 말하는 것은 국내 레이저 산업을 위축시키는 결과가 되므로 신중을 요한다.

늘 곁에 있어 소홀하지는 않으십니까?

여기서 잠깐!

「광학세계」가 산업계, 학계, 연구계의 큰 관심과 기대 속에서 유일한 전문지로서 태어난지가 벌써 14년이 되었습니다. 긴 시간 한결같이 베풀어 주신 지원과 보살핌에 진정으로 감사드립니다. 그동안 「광학세계」는 부족하나마 광산업 각 분야별 국내외의 시장 동향 및 신기술을 소개하고 학계 및 연구계와 자연스러운 교류의 장을 만들면서 광학인들의 공동 발전을 위한 가교 역할을 해왔다고 감히 자부합니다. 그러나 최근 여러분의 관심이 부쩍 줄어들어 안타깝습니다. 항상 곁에 있는 것에 소중함을 느끼지 못하듯이, 혹시 너무 오랫동안 쉽게 접할 수 있는 「광학세계」였기에 소홀하지는 않으신지요? 독자여러분의 우송료 납부와 질적 향상을 위한 적극적인 참여가 절실합니다.

하나, 우송료 12,000원을 내주세요	둘, 원고 투고를 기다립니다.
<p>「광학세계」는 1년 우송료 12,000원 외에 따로 책값을 받지 않았 습니다. 그럼에도 대다수 정기구독자가 우송료조차 납부하지 않는 '무료 독자'입니다. 「광학세계」는 순수하게 광고비로만 발간되고 있습니다. 최근 광고도 급격히 줄어 우송료마저 큰 부담이 되고 있습니다. 우송료 납부에 자발적으로 참여해 주시고, 입금후에는 꼭 연락 주시기 바랍니다.</p> <p>입금계좌 : 국민은행 084-01-0156-856 예금주 : 한국광학기기협회</p>	<p>「광학세계」는 항상 여러분의 의견에 귀 기울입니다. 원고 기고, 기획 제안 등 여러 가지 방법으로 참여해 주십시오.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 원고 기고-논문, 국내외의 신기술·동향, 전시회 참관기, 연수기, 수필 등 2. 추천-모범사원을 추천해 주세요, '이달의 광학인'에 선정, 직접 취재하겠습니다. 3. 기획 제안-원고 내용이나 편집에 의견이 있으면 언제든지 연락 주십시오.

「광학세계」 편집부
주소 : (137-842)서울시 서초구 방배동 912-5 백산커뮤니티빌딩 4층 한국광학기기협회
전화 : (02)581-2321/팩스 : (02)588-7869/이메일 : pjy@koia.or.kr