

레이저기술의 산업적 응용

1. 머리 말

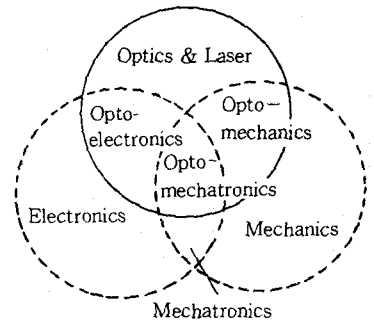
현재의 첨단과학기술을 이끌어 가는 것 중의 하나가 레이저(LASER, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation: 복사선의 유도 방출에 의한 빛의 증폭)와 그 응용기술이다. 레이저의 고휘도성(高輝度性), 고출력성의 성질을 에너지 차원에서 제어함으로써 에너지 생산, 에너지 전송, 가열압축기술, 공업생산기술, 광화학프로세서기술 및 의료기술에 활용할 수 있다.

또한 레이저의 지향성, 간섭성, 집광성, 편광성을 이용하여 공간적으로 제어함으로써 정보처리기술, 데이터 처리 및 표시기술, 공업계측 및 제어기술, 응용광학기술, 유통교통기술, 토목건축기술, 유전공학기술 등에 활용할 수 있다.

또한 단색성, 간섭성 및 파장가변성을 이용하여 주파수를 제어함으로써 광화학공업, 환경계측기술, 분광분석 및 측광기술에 활용할 수가 있다.

레이저광산업은 기존의 기술과 기능을 개량·혁신하거나, 기술의 한계를 극복함으로써 기존의 기계, 전자산업을 보완 또는 대체하여 FA, OA 분야는 물론 전보, 통신, 의료, 토목, 건축 등 전자산업에 응용 범위가 확대되고 있다.

아울러 그 수요도 지속적으로 확대되고 있어 '90년대 이후에는 핵심산업(核心産業)으로 부각될 전망이다. 레이저광산업과 기계 또는 전자산업과의 상호 연관 관계는 <그림1>에 보이는 바와 같다.



<그림 1> 레이저 광산업과 기계, 전자산업의 상호관계

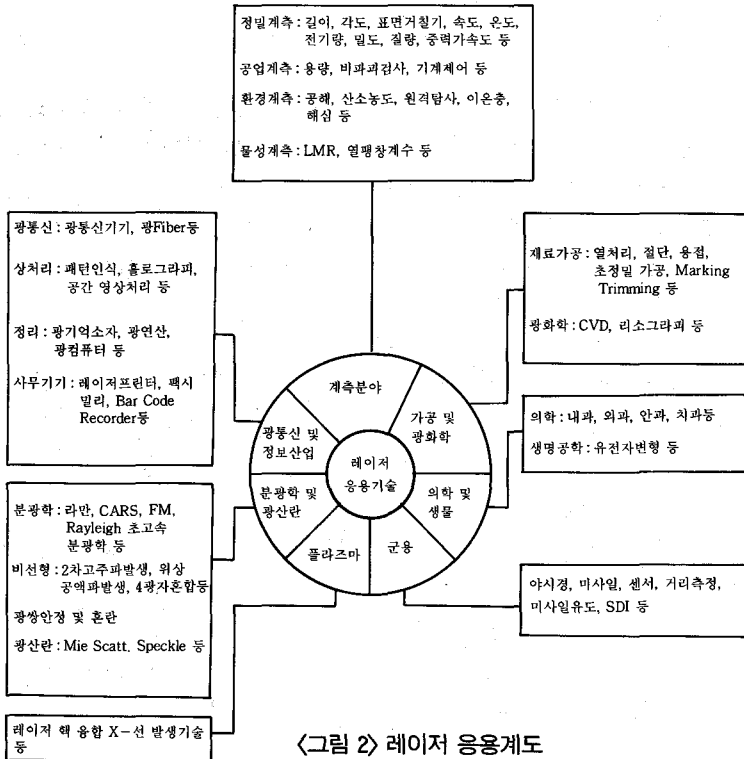
레이저광산업이 기계산업과 복합되어 소위 광기계(Optomechanics)산업이 창출되었으며, 레이저광산업과 전자산업이 복합되어 광전자(Optoelectronics) 산업이 창출되었고, 레이저광 및 기계, 전자의 세가지 분야 산업이 복합되어 광기계전자(Optomechatronics)산업이 새로이 전개되고 있다.

레이저기술의 응용분야는 분류하기도 힘들만큼 매우 많은 분야에서 이용되고 있으며, 계속적으로 개발되고 있다.

<그림2>는 그 중에서 매우 중요한 부분만 요약한 레이저

원종욱 박사

(前)한국표준연구소 레이저실장



〈그림 2〉 레이저 응용계도

계도(系圖)로서 크게 계측분야, 광통신 및 정보산업분야, 가공 및 광화학분야, 분광학 및 광산란분야, 의학 및 생물분야, 플라즈마분야, 군용 등으로 나눌 수 있다.

이제 여기에서는 각 분야별로 현재의 국내외 기술 현황과 '90년대에 국내 레이저산업의 발전전망, 레이저산업 육성을 위한 방안 등을 제시하고자 한다.

2. 레이저 산업 현황과 발전방향

이 장에서는 레이저 발전기

와 그 응용분야에 관하여, 국·내외의 현황을 비교, 분석하고 앞으로의 발전방향을 전망하

재료가공 및 공장자동화	Cutting, Drilling, 용접, 열처리
	반도체 Lithography, LVD
	FMS CIM
의료 분야	수술용레이저 Mess 코어규레이터
정보통신	광Fiber, Hologram 광IC, LD, ISDN, 광컴퓨터
계측	계측장비, LDV, 토목 및 건축용 Holography 레이저 Gyro출현
군용	레이저 관측장비, 미사일 유도장치, SDI
기타	레이저 연막, 레이저 핵융합
	1970 1980 1990 2000

〈그림 3〉 레이저분야 기술발전의 세계적 추세

고자 한다. 〈그림3〉은 레이저 분야의 기술발전 단계를 주요 분야별로 살펴본 것이다.

레이저의 활용성을 극대화하기 위해서 현재 선진국에서 추진하고 있는 연구방향은 (1) 고출력화 (2) 소형화 (3) 레이저 주파수 (파장)가변성 확대 (4) 극초단 펄스 발전, (5) 레이저 주파수 및 출력안정화 등이다. 〈표1〉은 레이저 발전기별로 선진국과 국내기술 수준의 비교를 보여준다.

〈표2〉는 현재 개발되고 있는 고출력 레이저들이며, 그 특징과 이용분야이다. 이 중에서 네오디뮴·유리(Nd:Glass) 레이저는 레이저 핵융합 기술이나, 플라즈마 관련기술에 많이 활용되고 있는데, 현재 얻고 있는 출력이 100조 와트(w)에 달한다.

그리고 〈그림4〉는 미국과

〈표 1〉 Laser Source별 선진국대비 기술수준비교

종 류	SOURCE	선 진 국	국 내
기 체	CO ₂	Axial Type(절단) 5kW TE Type(용접) 20kW Wave Guide 100W	Axial Type 1kW 학계연구중 3W 발전 성공
	Excimer	200W 500Hz(Drilling)	학계 연구개발중
	He-Ne	40mW	5mW 시제품완료
	Ar Ion	20W(의료용)	연구개발중
	옥 소	2TW(반도체가공용X-ray)	1GW개발완료(KAIST)
고 체	Nd:YAG	1KW(재료가공, 의료용등)	100W 시제품완료 (한국에너지연구소)
	Nd:glass	500TW(핵융합, X-ray)	1992sus 1TW개발목표 (KAIST)
반도체	GaAs	0.6~1.0 μ m(광통신)	0.8개발중(KETRI)
	Inp	1.3 μ m(광통신)	0.8개발중(KETRI)
		1.5 μ m(광통신)	0.8개발중(KETRI)

〈표 2〉 고출력 레이저 특징과 이용분야

레이저종류	특 징	이 용 분 야
Nd:Glass	가장 높은 출력(100TW)	핵융합, 플라즈마 연구등
Nd:YAG	고출력(~KW), 간편	재료가공, 의학, 측정등
고체 Slab	소형, 1.06 μ m, 고출력(cw 2KW)	재료가공, 의학등
탄산가스	고효율(23%), 고출력(20KW)	재료가공, 의학등
광분해옥소	저렴한 유지비 고출력(~2KW)	핵융합, 플라즈마 연구등
자유전자(FEL)	주파수 변조 가능, 고출력(~MW)	의학, 물리, 화학, 재료등

일본에서의 네오디뮴·유리 레이저의 개발 현황과 전망이며, 아울러 한국에서 추진중인 계획도 함께 실었다.

재료가공 등의 산업에 이용되고 있는 레이저는 네오디뮴·야그(Nd:YAG) 레이저와 탄산가스 레이저로서 모두 연속형(CW)이거나 펄스형 작동

이 가능하며 목적에 따라 선택하여 사용할 수 있다.

현재 이 분야의 레이저들은 국내 수준이 미미한 상태이나 '90년대에는 선진국 수준(CW 20kw)에 육박하는 레이저들이 나오리라고 기대된다.

레이저의 큰 결점 중의 하나가 고출력일수록 그 크기에 반

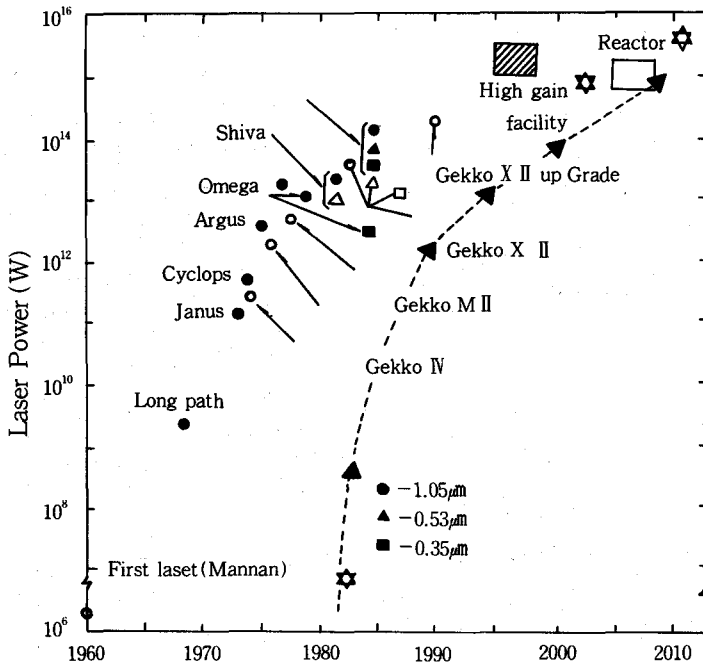
비례하여서 이동이 용이하지 않다는 점이다. 따라서 레이저 응용을 활성화하기 위해서는 소형화시키는 것이 필수적이다. 큰 출력은 아직 불가능하나 가장 작게 소형화된 레이저는 반도체 레이저로서 매우 시장성이 기대되는 분야이다.

반도체 레이저는 소재가 반도체이므로 그 크기가 1mm이하의 소형이 가능하고, 레이저 작동이 전류 주입형이므로 전류의 변화로 간단히 레이저 출력과 파장을 변화시켜 줄 수 있으며, 효율이 거의 70% 정도에 달하는 장점들이 있다.

그러나 현재 출력이 최대 수 와트(w)에 불과해 지속적인 연구가 수행되고 있으며 '90년대에는 수십 와트의 출력을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

레이저의 특징 중의 또 다른 하나는 바로 단색성을 갖는다는 것이나 그 단색 파장(주파수)을 변화시킬 수도 있다. 이와 같은 레이저를 주파수 가변 레이저라고 하는데, 물질의 성질을 측정하거나 공해측정, 분광연구 등에 유용하다.

현재 개발된 주파수 가변 레이저로는 가시영역(可視領域)과 근적외선(近赤外線領域)의 색소 레이저, 적외선 영역의 색중심(Color Center) 레이저, 자유전자 레이저, 반도체 레이저 등이 있으나 주파수 안



〈그림 4〉 Nd : Glass 고출력 레이저의 개발 현황과 전망
 M : Nova, Omega, Shiva
 G : Gekko series
 H : <표 5>에 나타난 목표(.....)

정도가 떨어지거나 파장의 가변영역에 제한이 있다. 따라서, '90년대에는 단일 매질로 좀더 가변 영역이 넓은 레이저가 개발되리라고 기대된다.

새로운 컴퓨터 개발이나 초고속 통신장비개발, 반도체와 금속 등 여러가지 소재의 여기상태(勵起狀態)나 전도자의 수명 측정, 광화학반응과 분자의 운동이나 여기상태의 이완현상 연구 등에 활용될 수 있는 극초단 펄스 레이저는 현재 20fs(국내는 300fs) 수준에 있으나 '90년대에는 1fs이하도

가능하리라고 전망된다.

고정밀 측정에 필수적인 주파수 안정화 레이저는 위상변조 분광학을 이용하여 10^{-16} 까지 안정화시킬 수 있는 기술이 '90년대에는 실용화 단계로 발전되리라 전망된다.

이외에도 발전과장 영역의 확대와 다과장 동시발전 레이저들이 개발될 것으로 예상된다.

(1) 레이저 계측

계측의 정도가 정밀·정확

할수록 생산품의 품질이 고도화되고 정밀하게 되는 것은 자명하다. 일례로 다이아몬드 터닝머신(Diamond Turning Machine)은 연마과정없이도 평면도를 $\sim 0.1 \mu\text{m}$ 이하로 가공이 가능한데, 이것은 옥소안정화 헬륨네온 레이저로 정확한 계측이 가능하였기 때문이다.

레이저 계측은 비접촉식 측정, 무유도성 측정, 고속측정이며, 고정밀정확성, 고절연성, 고감도성, 비파괴측정이 가능하고, 공간적으로 병렬계측이나 원격측정이 가능하며, 아날로그와 디지털신호 검출 모두 가능하므로 컴퓨터 입력이나 측정장치의 매개변수에서의 되먹임이 가능하다.

레이저 계측은 길이, 표면거칠기, 속도, 온도, 전기량 등 대부분의 물리량을 정밀하게 측정할 수 있어, 현재 각국의 표준연구소에서는 거의 모든 연구실에서 사용되고 있거나 새로운 측정기술 개발에 활용되고 있다.

또한 산업체에서는 병이나 그릇에 담기는 양의 자동측정이나 비파괴검사, 측량, 기계 자동제어 등에 활용될 수 있어 '90년대에는 많은 산업체에서도 도입하여 사용될 것으로 전망한다. 공해측정, 산소농도, 이온총관측, 해심측정 등에 현재 선진국에서 기술을 개발하여

사용하고 있는데 '90년대에는 국내에도 기술이 개발될 것으로 기대된다.

특히 레이저에 의한 중력가속도(g)의 측정기술은 제5의 힘을 관측할 수 있는 기술로 알려져 있으며, 각 지역의 중력가속도 데이터는 군사적으로 유용할 뿐만 아니라 광물질분포를 예측할 수 있어 '90년대 초반에는 한국표준연구소에서도 그 기술이 개발될 예정이다.

이 밖에도 항공운항에 필수적인 레이저 자이로가 선진국에서 개발되어 상품화 단계에 있는데, 앞으로 국내에서 항공업이 발전되게 되면 필수적인 레이저 자이로가 곧 개발되어 상품화될 것으로 예상된다.

(2) 광통신 및 정보산업

오늘날 통신은 음성통신에서 데이터화상 등 정보서비스가 다양해지고 있으며, 종합정보통신 서비스 기능은 컴퓨터의 발달과 반도체 레이저, 광섬유를 이용하는 광통신 기술에 힘입어 급속히 발달하고 있다.

미국, 일본 등 선진국에서는 이미 국가간 중계 광전송 시스템 뿐만 아니라 가입자망까지 광통신 기술의 확대 적용 중에 있다. 우리나라도 일부의 국가

간 중계 광전송시스템을 갖추고 있는데 '90년대에는 각 가입자까지도 적용될 것으로 예측된다.

'90년대 말에는 레이저 광컴퓨터가 출현되어 기억용량이나 계산속도가 획기적인 도약을 할 새로운 컴퓨터 시대가 열릴 것으로 생각된다.

사무용기기와 가전제품, 컴퓨터 주변기기 등에서도 레이저를 이용함으로써 재래식 방식에 비해 우수한 성능의 기기들이 개발되어 사용되고 있다. 예를들면, 레이저 인쇄기, 바코드 판독기, 팩시밀리, 콤팩트디스크 등인데, 현재는 아직 기존 제품에 비해 훨씬 고가이나 '90년대에는 대량 생산으로 가격이 대폭 내려가 우리 주위의 가전제품들에서 쉽게 레이저 내장 제품들을 접하게 될 것으로 전망된다.

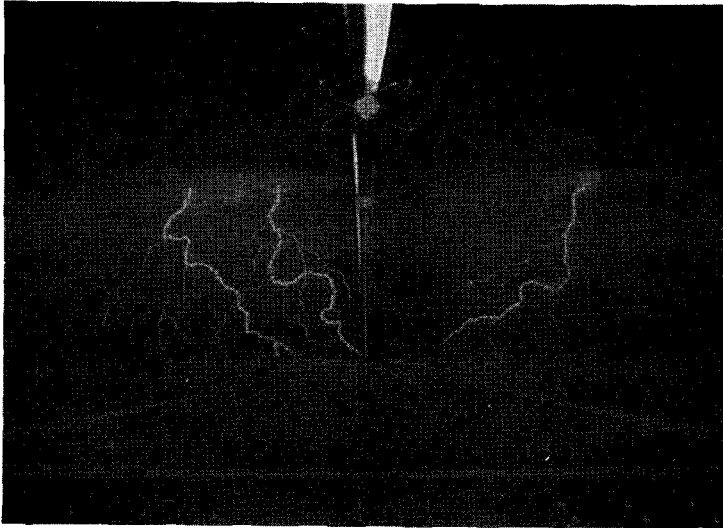
(3) 레이저 가공 및 광화학

레이저 재료가공은 비접촉 가공이며, 미세한 정밀가공이 가능하고, 재료가공의 자동화가 용이한 점 등 여러가지 장점이 있을 뿐만 아니라 경제성의 면에서도 종래의 가공 방법과 경쟁할 수 있게 될 것으로 예상된다. 반도체 산업에서의 미세정밀가공이나 세라믹 또는 다이아몬드의 가공 등 종래

“

'90년대 말에는 레이저 광컴퓨터가 출현되어 기억용량이나 계산속도가 획기적인 도약을 할 새로운 컴퓨터 시대가 열릴 것으로 생각된다. 사무용기기와 가전제품, 컴퓨터 주변기기 등에서도 레이저를 이용함으로써 재래식 방식에 비해 우수한 성능의 기기들이 개발되어 사용되고 있다. 예를 들면, 레이저 인쇄기, 바코드 판독기, 팩시밀리, 콤팩트디스크 등인데, 현재는 아직 기존 제품에 비해 훨씬 고가이나 '90년대에는 대량 생산으로 가격이 대폭 내려가 우리 주위의 가전제품들에서 쉽게 레이저 내장 제품들을 접하게 될 것으로 전망된다.

”



의 가공 방법으로는 불가능하거나 곤란하였던 재료의 가공이 가능하게 되어 기계, 금속, 전자, 반도체 산업 등 여러가지 산업분야에서 생산 공정에 새로운 가공 기술로 정착화되어 그 수요와 응용분야는 폭발적으로 계속 증가할 것으로 예상된다.

고출력의 네오디뮴 야그 레이저와 탄산가스 레이저에 의한 철판이나 콘크리트 구조물의 가공은 이미 실용화되어 일부첨단산업체에서는 로봇과 함께 자동가공기로 활용되고 있는데, 앞으로 그 가공기술이 더 발전되어 기존 가공기들이 많이 대체되리라 예상된다.

반도체 소자의 초고집적 회로분야에는 레이저, 유지, 광화학 증착법으로 획기적인 기

“

비단 메스의 대용품만 아니라 레이저를 이용한 수많은 의학적 응용의 길이 생겼다. 예를 들면, 막힌 동맥의 지방질을 레이저로 제거할 수 있게 되었으며 섬세한 피부 조직내에 생긴 모반이나 문신을 제거하거나, 절단된 신경을 다시 연결하고 암의 치료를 할 수 있는 등 레이저의 의학적 이용은 날로 증가하고 있다.

”

술개발이 진행되고 있다. '90년대에는 0.1 μ m 이하의 실리콘 다결정체 성장에도 레이저의 활용으로 가능할 것으로 전망된다.

(4) 의학 및 유전공학

'80년대 초에는 레이저가 의학분야에의 응용이 떨어진 땅막을 접합시키는 것과 같은 몇가지의 특수한 외과용 도구로서 한정되어 있었으나 지금은 수술실의 일반도구로 되어가고 있으며 까다로왔던 수술도 쉽게 다룰 수 있게 되었다.

비단 메스의 대용품만 아니라 레이저를 이용한 수많은 의학적 응용의 길이 생겼다. 예를 들면, 막힌 동맥의 지방질을 레이저로 제거할 수 있게 되었으며 섬세한 피부 조직내에 생긴 모반이나 문신을 제거하거나, 절단된 신경을 다시 연결하고 암의 치료를 할 수 있는 등 레이저의 의학적 이용은 날로 증가하고 있다.

현재 대부분 국내에서는 외국에서 레이저 수술기 등을 수입하여 사용하고 있으나 '90년대에는 국산의 수술기들이 싼 값으로 출현하여 일반국민에게 많은 의료 혜택을 줄 수 있을 것이다.

또한 현재 불치병이며 그 문제가 심각한 에이즈(AIDS)의 치료나 예방에 필요한 항에이즈 물질이나 생명체를 만드는 유전공학 기술도 레이저를 활용하여 할 수 있을 것으로 기대한다. (계속)