

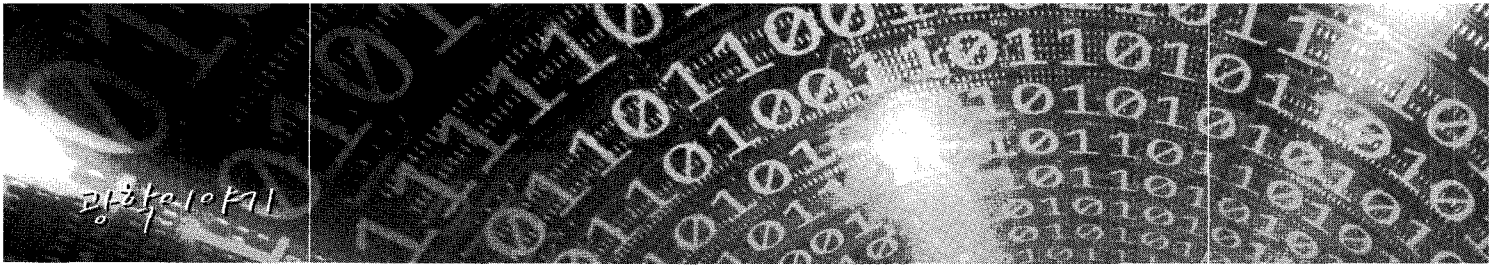
레이저의 산업적 적용원리와 그 응용분야

레이저광은 인간이 만든 빛중 가장 양질의 빛으로 자연광이나 전기에 의한 각종 빛에 비하여 탁월하게 뛰어난 특성을 가지고 있다. 이미 우리문화생활에 널리 활용되고 있으며 앞으로는 더욱더 활용분야가 증가하여 거의 모든 산업분야에 적용될 전망이다. 특히 고도의 신기술이 필요한 첨단산업과 벤처산업의 요소기술로서 널리 이용될 수 있다. 왜냐하면 레이저는 현대광학 즉, 새로운 학술적 배경으로 발전해온 양자광학의 결정체로 태어났으며, 앞으로 더욱더 발전할 가능성이 있으므로 첨단기술을 창출하여 산업기술혁신에 기여하고 노벨상과 같은 최고의 부가가치를 유도할 수 있을 것이다. 그러면 레이저는 어떤 종류가 있으며 어떤 특성과 장점을 가졌기에 활용이 많이 될 수 있는가. 그리고 어떤 원리에 의하여 어떻게 적용해야 하는가를 상세히 논할 여유는 없으므로 종류에 따른 특성, 산업에의 적용원리와 응용분야를 요약하여 그 입문을 소개하고자 한다.

레이저의 특성과 종류

레이저광이 자연광과 다른 일반적인 특성은 다음과 같이 9가지가 있다.

- (1) 단색성(Monochromaticity) : 자연광은 모든 색을 다 포함하고 있으나 레이저는 어느 특정한 파장의 빛만 나타내므로 어떤 물질과 상호작용을 할 때 특수한 현상을 효과적으로 얻을 수 있다. 왜냐하면 같은 물질 속에서도 빛은 파장에 따라 그 전파속도와 굴절률이 달라지기 때문이다. 그러므로 레이저 처럼 단색광(단일파장)으로 물질 속에서 빛을 이용하는 것이 가장 효과적인 수단이 된다. 레이저의 파장폭은 이론상으로는 10^{-5} Å까지 가능하다.
- (2) 지향성(Directionality) : 레이저광선은 자연광처럼 진행함에 따라서 발산(퍼짐)하지 않고 곧 바로 한 방향으로만 직진함을 말한다. 발산하는 정도는 발산각으로 나타내는데 보통 상업용 레이저의 발산각은 수mrad 정도이다. 요즘 많이 사용되는 레이저 포인터가 바로 이 성질을 이용한 것이며 아폴로의 달 착륙 계획시, 달까지의 거리를 정확하게 측정한 것도 레이저의 지향성을 이용했기에 가능했다.
- (3) 결맞음성(Coherence) : 가간섭성이라고도 하며 이것은 레이저의 특성중 가장 중요한 것으로 레이저 매질속에서 유도 방출된 모든 빛의 파동이 같은 위상을 가져서 마치 결맞는 물결파와 같은 모양으로 진행되는 것을 말한다. '결맞다'는 것은 같은 파장, 같은 주파수, 같은 에너지, 같은 방향을 가졌다는 것을 의미하고, 따라서 보강간섭이 잘 일어나므로 파동의 진폭이 커지고 에너지가 세어지게 된다. 이 결맞음성 때문에 사실은 다음의 3가지 특성 즉, 집속성, 휘도성, 에너지밀도가 우수하게 되는 것이



다. 그리고 결맞음을 논할 때는 반드시 시간적 결맞음과 공간적 결맞음을 구별하되 다같이 성립해야 진정한 결맞음이라 할 수 있다.

- (4) **집속성(Convergence)** : 렌즈등을 사용하여 작은 면적에 레이저광선을 집속할 수 있음을 말하는데 이것은 레이저의 단색성 때문에 잘 이루어진다. 즉, 단일파장의 광선은 렌즈등을 통과 할 때 색수차 현상이 일어나지 않기 때문이다. 이론상으로는 대략 파장크기 만큼 집속이 가능하다. 그러므로 미크론 단위의 미세공정은 레이저광선으로 가능하다.
- (5) **휘도성(Brightness)** : 레이저광은 집속을 시키지 않아도 원래 결맞음성 때문에 파동의 진폭이 크고 따라서 휘도가 강하다. 1mw의 He-Ne 레이저의 휘도가 같은 면적의 태양광에 비하면 100배나 강하고, 같은 파장영역의 빛에 비하면 만배이상 강하다. 1mw 이하의 레이저라도 눈에 조사하면 망막에 큰 손상을 가져오므로 어린이 장난감에는 절대 사용해서는 안 된다.
- (6) **에너지밀도(Energy density)** : 대출력 레이저광은 적은 면적에 집속하면 에너지 밀도가 커진다. 예를 들면 1Mw/cm²의 레이저는 10¹⁹J/ m²/sec 의 고밀도에너지를 얻을 수 있다. 대용량 가공이나 플라즈마 핵융합 등에 이용할 때 적용된다.
- (7) **편광성(Polarization)** : 광파는 횡파이며 그 진동방향이 진행방향과는 수직인데 모든 방향으로 다 진동하는 비편광레이저가 일반적이다. 그러나 이것에 편광자를 부착하면 한 방향으로만 진동하는 편광성을 나타내는데 이것 역시 결맞음성 때문에 자연광보다는 우수한 편광성을 나타낸다. 그러므로 물질의 특성을 편광성으로 조사할 때에는 레이저가 훨씬 우수하다. 반도체 레이저나 CO₂레이저는 처음부터 편광된 비임이 나오는 것도 있다
- (8) **변조성(Modulation)** : 광통신등 신호전달 체계에서 음성파와 영상파 등의 변조에서 이것 역시 결맞음성 때문에 신호파에 의한 변조가 우수하다. 그러므로 광통신등에는 반도체 레이저가 필수적이다.
- (9) **펄스성(Pulse)** : 레이저의 출력을 연속적(CW)으로 일정하게 유지하는 것도 있고 짧은 시간 간격으로 펄스적(Pulse)으로 방출하는 것도 있다. 펄스레이저는 연속레이저보다 한펄스당 피크출력과 에너지를 높일 수 있기 때문에 활용면이 많다.

이상의 특성 이외에도 레이저는 사용상 다른 에너지 도구와는 틀린 특징이 있다.

특징

- (1) **간편성** : 이것은 소형 반도체 레이저가 파장별로 속속 개발되고 가벼운 광케이블이 출현되었기 때문에 레이저에너지 전달이 쉽기 때문이다.
- (2) **비접촉성** : 레이저는 빛에너지를 사용하므로 직접 기계적 접촉은 필요 없다. 따라서 비접촉을 요하는 수술이나 가공에 더욱 효과적으로 이용된다.
- (3) **미세정밀공정** : 미세정밀가공, 측정, 제어 등이 가능하다. 이것은 위에서 말한 특성중 미크론 크기로 조정이 가능하기 때문이다.
- (4) **미소시간 작동** : 앞에서 말한 레이저의 펄스성은 시간적으로 1ns, 1ps는 물론 수fs까지 가능하기 때문이다.

레이저의 종류와 적용원리

레이저를 분류해보면 첫째로 활성매질(lasent)의 종류에 따른 것, 즉 루비, Ti 사파이어, Nd-YAG와 같은 고체레이저와 CO₂, He-Ne, Ar이온과 같은 기체레이저, 여러 가지 색소용액을 이용한 액체레이저, GaAs와 같은 반도체로된 반도체레이저 등이 있다. 둘째로 발진파장에 의한 분류와 셋째로 출력과 에너지의 크기에 따른 구별이 있고 넷째로 출력이 연속인 것과 펄스적인 것이 있다. 따라서 레이저를 선택할 때는 먼저 사용목적에 따라서 위의 첫째는 제외하고라도 나머지 세 가지 사항은 반드시 검토한 후에 선정해야 한다. 무턱대고 강력한 레이저가 있다고하여 사용하거나 세가지중 한가지라도 적절하지 않을 시에는 그만큼 실패나 부작용이 일어나 경제적 손실을 가져오게 된다는 것도 명심해야 한다.

그리고 특수한 목적과 방법에 의한 레이저도 있다. 파장이 연X선 영역인 X선 레이저, 자외선 영역인 엑시머레이저, 적외선 영역에는 CO₂레이저, 마이크로파 영역에는 자유전자 레이저 등이 있다.

다음 레이저가 선정되었다 하더라도 다음과 같은 제어별 적용원리에 맞추어 사용하지 않으면 안 된다. 즉 레이저의 활용목적과 용도에 따라서 (1) 시간적 제어 (2) 공간적 제어 (3) 에너지 제어 (4) 주파수 제어 등이 필요하다. 이들 제어는 각각 레이저의 특성을 이용하기 때문에 대단히 중요하며 유의해야 할 점이다. (1) 시간적 제어에는 레이저의 단색성과 변조성 그리고 펄스성을 이용해야 하고 (2) 공간적 제어시에는 레이저의 지향성, 결맞음성, 집속성 그리고 편광성을 이용하는 것이다. (3) 에너지 제어는 고휘도성과 고출력성을 고려하지 않으면 안 된다. (4) 주파수 제어는 단색성, 결맞음성, 파장가변성을 활용한 것이다.

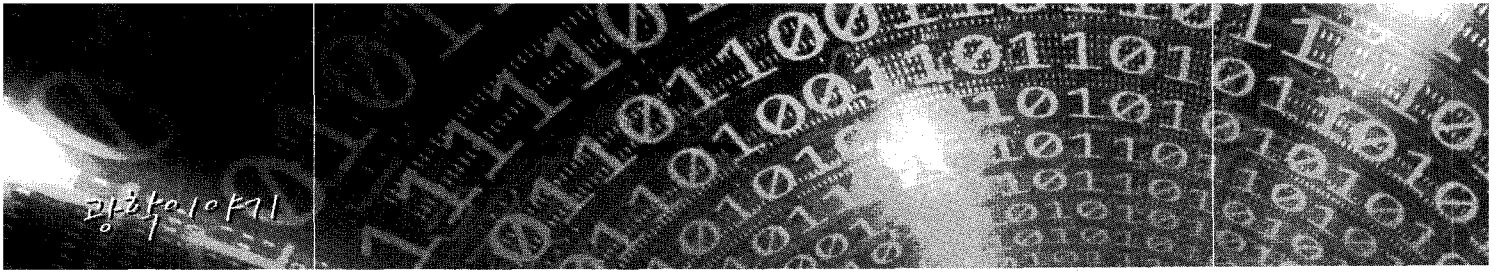
(1) 시간적 제어에 속하는 분야는 광통신, 원거리탐사, 초고속제어계측 등이 있고 (2) 공간적 제어분야는 대단히 많다. 즉 응용광학기술, 유통교통기술, 토목건축기술, 생명공학기술, 정보처리, 데이터표시기술, 공업계측기술 등이 속한다. (3) 에너지제어는 핵융합, 전력전송, 고온고압플라스마, 공업적가공, 광화학 프로세스, 의료기술 등이 있고 (4) 주파수제어에는 동위원소분리, 환경계측기술 그리고 분광분석 등이 있다. 이와 같이 레이저의 제어별 적용원리를 찾으면 레이저의 응용 분야가 완전히 결정된다.

산업에의 응용 분야별 세목 아이템

레이저의 산업적 응용에 있어서 크게 9개 분야로 나눌 수 있는데 그 분야마다 방법과 대상에 따라 몇 가지씩 세목으로 나누어 활용 가능한 아이টে를 소개하겠다.

[1] 전자 반도체 산업분야

- (1) 레이저 CVD(화학증착)에 의한 박막형성
 1. 결정성장에 응용 2. 기능성 박막형성 3. 극소의 선택적 퇴적
- (2) 레이저 CVD에 의한 마이크로 렌즈 제작
 1. 레이저 CVD의 원리 2. 마이크로 렌즈 형성
- (3) 레이저 플라즈마 X선 리소그래피
 1. 레이저 플라즈마 X선 발생원리 2. LAPLAX 리소그래피
- (4) 자외선 펄스레이저에 의한 반도체 표면 에칭계측
 1. 드라이 에칭의 레이저 계측 2. Si기판의 드라이 에칭



- (5) 레이저 애블레이션에 의한 전자부품의 박막형성
 - 1. 금속박막의 형성 2. 연자성 헤라이트박막 형성
- (6) 고밀도다층 프린트기판의 비아홀 형성
 - 1. 빌드업형 PWB(프린터 배선판)의 제조 프로세스 비아홀 형성
 - 2. CO₂레이저 홀링방법 2. YAG레이저 홀링방법
 - 3. 엑시머레이저 홀링방법
- (7) 레이저 가공에 적절한 광가공성 유리개발
- (8) 박막칩 부품의 트리밍 레이저 가공
 - 1. 저항체의 두께와 트리밍 2. 기판의 표면상태와 트리밍
 - 3. SiO₂ 두께와 트리밍
- (9) 레이저 산란 토모그래프에 의한 결함조사
 - 1. 90도 산란법 2. 브루스터각 조명법 3. 내부전반사 조명법
 - 4. 전방 산란법
- (10) 레이저 클리닝
 - 1. 표면경화 2. 레이저 아닐링 3. 표면합금화 처리
- (11) 엑시머 레이저에 의한 리소그래피
 - 1. 스캔방법 2. 광학계방법 3. CMF(화학적 기계연마)의 대응방법

[2] 정보통신분야

- (1) 결맞는 광통신용 반도체 레이저
 - 1. 협스펙트럼 반도체 레이저
 - 2. 발진 주파수가변 협스펙트럼 레이저
 - 3. 광디바이스; 방향성 결합기, 편광 제어기
- (2) 광파 센싱용 반도체 레이저
 - 1. 광귀환법 2. 전기적 부귀환법
- (3) 2비임 반도체 레이저
 - 1. 주도체 레이저의 고출력화 2. 주도체 레이저의 저잡음화
- (4) 광파장다중 및 시간다중 방법
 - 1. 홈넷트워크 시스템과 광섬유의 결합
- (5) 광섬유 증폭기
 - 1. Global Network System 2. 단일파장 광증폭기 중계전송 시스템
 - 3. 파장다중 광증폭 중계전송 시스템
- (6) DVD/CD 겸용 광픽업 및 DVD 시스템

[3] 자동차 산업분야

- (1) 차체의 3차원 레이저 용접
- (2) 실린더 헤드의 레이저 그랫드 육성
- (3) 엔진의 레이저 쇠달금

- (4) 레이저 레이더
- (5) 엔진의 연소해석에 의한 성능향상
 - 1. 기체유동 측정 2. 혼합기체 농도측정 3. 온도측정
 - 4. 반응의 추적과 분광분석
- (6) 자동차 개발에 있어서 레이저응용계측
 - 1. 홀로그래피 간섭법 종류와 특징
 - 2. 응용 ; 기계적 변형, 열적 변형, 진동, 구조물 계측

[4] 토목 건축 분야

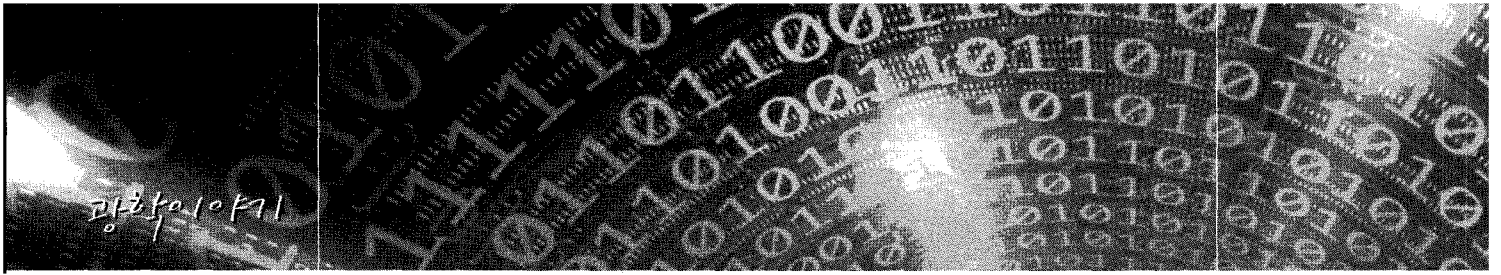
- (1) 건설현장에서의 응용
 - 1. 소형, 포터블
 - 2. 다기능 ; 용접, 절단, 표면처리, 용융 등
 - 3. 지하철, 하수도 공사, 터널굴착 등
- (2) 신건축 재료의 창성
 - 1. 흐라이 애쉬로부터 골재제조
 - 2. 세멘트 몰탈의 표면글라스화 처리
 - 3. 목재의 표면탄화 처리
 - 4. 세라믹 타일의 가식 5. 대리석 벽화 조형
- (3) 제염 및 해체
 - 1. 생체차폐벽의 콘크리트 절단 2. 콘크리트의 제염

[5] 생활환경분야

- (1) 레이저 조형
 - 1. 레이저를 사용하여 조형하는 방법
- (2) 레이저 인쇄
- (3) 레이저 열적기록
- (4) 레이저 레이더
 - 1. 미이산란, 레일리산란 레이더 2. 차분흡수 레이더
 - 3. 라만산란 레이더 4. 도플러효과 레이더
- (5) 레이저 유희

[6] 농업분야

- (1) 레이저 식물공장
 - 1. 레이저 식물공장 제안 2. 레이저 광원과 코스터
 - 3. LED와 LD에 의한 식물재배
- (2) 레이저 식물 품질관리
 - 1. 코피콩의 배전도 판정 2. 과일의 CT상 측정
 - 3. 레이저 당도계등



[7] 의료분야

- (1) 근적외선 레이저 흡수분광법, 조직산소농도의 무침습계측
- (2) 세포와 생체분자의 광매니플레이션
- (3) 레이저 여기 형광분광법
 1. 암진단과 치료, 수술 2. 혈관내 병태관측
- (4) 레이저 라만분광법
 1. 흡기분석 2. 백내장 예지
 3. 라만 마이크로 프로브에 의한 병리검사
- (4) 성형외과의 활용; 피부색소 이상질환, 태전모반점 제거, 이상종양 수술, 탈모증 치유
- (5) 안과의 활용; 안저응고, 망막탈리수술, 라식수술
- (6) 치과의 활용; 스케일링, 충치예방치료, 치주치료
- (7) 생체용 광CT
- (8) 광화학적 의료용 레이저 시스템
- (9) 저출력용 의료용 레이저 장치
 1. 레이저침 2. 레이저 생체부활 3. 레이저 온열, 응고 4. 생체조직 용접
 5. 혈관 봉합 6.창상 치유 7. 진통 소염
- (10) 의료용 반도체 레이저 장치
 1. 혈류계 2. 혈압계 3. 혈당계

[8] 우주항공 분야

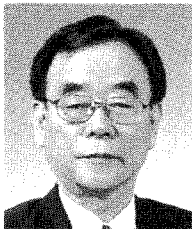
- (1) 우주선 레이저 통신
- (2) 항공기 레이저 응용
 1. 항공기 운항에 적용 2. 항공기 탑재 레이더
- (3) 우주 라이더
 1. 라이더에 의한 우주관측 2. 우주선 셔틀 관측 3. 우주레이더
- (4) 우주에 있어서 차세대 레이저 응용
 1. 우주 쓰레기 검출과 그 대책
 2. 레이저 이용 우주 중력과 안테나

[9] 에너지 분야

- (1) 우라늄 농축
 1. 원자 레이저 농축기술 2. 우라늄 분리장치 3. 분자 레이저 농축기술
- (2) 핵연료의 재처리
 1. 광화학적 핵연료 재처리 2. 금속이온 산화 환원반응과 분리
- (3) 레이저 핵융합
 1. 폭축핵융합 2. 고속점화 3. 노실계 4. 관성 핵융합로
- (4) 동위원소 분리
 1. 원자법 2. 분자법 3. 레이저 가속

결 언

이상으로 여러 종류의 레이저가 가지는 특성과 특징 그리고 그것을 산업에 적용하는 원리를 간략히 서술하였으나 아직 미진한 점이 많다. 어디까지나 레이저와 같이 새로운 도구를 사용하려면 그 도구의 특성을 먼저 정확히 파악한 다음 사용해야 올바르게 효과적인 결과를 얻을 수 있음을 강조 하는 바이다. 레이저는 현대과학의 기본개념의 하나이므로 이것을 먼저 사용하는 기업이 바로 창의 창안이 앞선 결과를 얻게되며 첨단산업기술 경쟁에서 승리할 확률이 크고 노벨상과 같은 최고의 부가가치 상품을 만들 수 있다.



오철한

경북대학교 명예교수이며 지난해 5월 대구광레이저센터를 설립하고 레이저 기술보급에 나서고 있다.

대구광레이저센터 : 靄溪研究所 (053)751-8082
 킴덤오피스텔810호(대구시 수성구 범어2동 45-5)
 e-mail : choh810@hanmail.net

‘광학세계’ 정기구독 안내

한국광학기기협회에서 발행하는 정기 간행물 ‘광학세계’ 지를 정기 구독하고자 하는 분은 1년 간 책자 우송료 1만2천원을 지불하시면 책자를 무료로 보내드리겠습니다.

또한 정기구독 기간중 주소 및 전화 번호가 변경될 경우 본 협회로 꼭 연락 주시기 바랍니다.

▶입금계좌 : 국민은행 084-01-0156-856

▶예 금 주 : 한국광학기기협회

- 연락처 : 「광학세계」 편집부
- 주 소 : (137-842) 서울시 서초구 방배동 912-5
 백산커뮤니티빌딩 4층 한국광학기기협회
- 전 화 : (02)581-2321 • 팩스 : (02)588-7869 • 이메일 : pjy@koia.or.kr