

Nd:YAG 레이저 제작 및 응용기술

김희제* · 문덕쇠** · 이홍식*
 (*한국전기연구소, **주식회사 삼현)

1. 서론

희토류 원소의 일종인 Nd(Neodymium)의 3가 이온을 YAG(Yttrium Aluminum Garnet: $Y_3Al_5O_{12}$) 결정에 도우프시킨 Nd:YAG 레이저는 현재 최초로 레이저 작용이 발견된 루비 레이저와 함께 고체레이저의 주류를 이루고 있다.

열전도율이 높고, 기계적, 광학적으로 안정된 YAG 결정을 이용한 YAG 레이저는 CO₂ 레이저에 비하면 파장이 짧으므로, 보다 적은점으로 집광시킬 수 있다. YAG 레이저는 물질과 반응을 잘 하므로, 물질가공에 널리 응용된다. 또, 램프에 의한 광여기이므로 보수가 용이하며, 파워전송, 집광등이 통상의 광학부품으로 가능하며, 빔을 분할하여 다점 동시용접도 할 수 있다.

일반적으로 레이저 가공은 비접촉이며, 고속, 플렉시블한 가공을 할 수 있는 특징이 있다. 특히, Nd:YAG 레이저는 광 제어성이나, 신뢰성이 우수하여, 고출력, 고품질의 레이저 광이 얻어지므로, 정밀 가공용 레이저로서 적합하다.

레이저 가공을 대별하면 열가공과 화학가공으로 나누어진다. 열가공은 CO₂ 레이저 및 YAG 레이저로 대표되는 가공이며, 화학가공은 Excimer 레이저로 대표되는 가공이다. 레이저 가공의 기본은 그 자체의 높은 가공력, 즉 높은 파워밀도에 있고 가공목적에 따라 파워밀도를 제어하는 것이 중요하다.

YAG 레이저의 특징은, 초음파 Q 스위치 또는 포펄

스 Q 스위치등에 의한 출력펄스의 제어가 가능하며, CO₂ 레이저에 비하여 집광 스폿트 직경이 아주 작으므로, 여러가지 미세가공이 가능하다. 따라서, 반도체나 전자부품을 대상으로 하는 응용이 많다.

트리밍, 마킹, 스크라이빙등의 제거가공에는 초음파 Q 스위치에 의한 고반복 펄스가 사용되며, 구멍뚫기나 절단등의 제거가공 또는 용접가공에는 노멀 펄스가 주로 사용되고, 납땜등에는 주로 연속파가 사용된다.

본 특집에서는 Nd:YAG 레이저의 구조 및 특징에 대하여 설명한 뒤, 그 제작 및 응용기술에 대한 이해를 돕고자 한다. 제 2 장에서는 일반적으로 레이저에 대하여 잘 모르는 사람이 이해하기 쉽도록 발진원리에 대하여 간략하게 기술한 후, YAG 레이저의 구조 및 특징에 대하여 설명한다. 제 3 장에서는 전기연구소에서 수행한 YAG 레이저의 설계 및 제작기술, 그리고 연구결과에 대하여 간략히 설명한다. 제 4 장은 그 응용기술에 대하여 설명한다. 제 5 장은 본 특집에서 기술한 내용을 정리함과 동시에, 금후의 발전방향에 대하여 시사한다.

2. YAG 레이저의 구조 및 특징

YAG 레이저는 1.06 μ m의 파장을 가진 4준위계의 레이저로서 기계적, 광학적으로 안정하며 원칙적으로 연속 및 펄스 어느 쪽도 발진이 가능하다.

2.1 레이저의 발진원리

먼저, 레이저를 처음 접하는 분들을 위하여, 기본원리를 간략히 설명하고자 한다. 어떤 매질중의 원자, 분자, 이온의 특정한 두개의 에너지 준위간의 천이에 착안하자. 이 두개 준위간의 에너지 차에 상당하는 광자 에너지를 가진 파장의 광이 입사하면, 하위 준위에 있는 입자는 광을 흡수하여, 상위의 여기준위로 천이한다. 한편, 이와 동시에 상위 준위에 여기된 입자가 존재하면, 입사된 광을 따라서, 이것과 같은 특성을 가진 광자를 방출한다. 이것이 유도방출 (spontaneous emission)이다. 이들 두가지 과정은 같은 확률로 발생하므로, 실질적으로 입사광의 감쇄가 발생하게 되든지, 아니면 증폭이 발생하게 되든지는 두개의 에너지 준위에 존재하는 입자의 수중 어느쪽이 많은가에 의하여 결정된다. 즉, 상위 준위에 존재하는 입자의 수가 많다는 것이 소위 반전분포(population inversion)로서, 여기서는 유도방출 쪽이 우세하게 되어, 입사광은 증폭되게 된다. 이것이 레이저의 발진원리에 기초한 광의 증폭작용이다.

유도방출을 이용하여 얻어진 레이저 광은 씨앗으로 되는 입사광의 특성을 충분히 보존하고 있으므로, 단색성 및 지향성이 우수할 뿐만 아니라 광의 전자계 진동의 위상이 일치하여 간섭성이 높다. 이 성질을 coherence 성이라 한다. 레이저 작용이 일어나기 위해서는 매질이 비 평형상태에 있고, 에너지 준위간의 분포가 반전되어야 할 필요가 있다. 따라서, 매질 및 방전 조건을 적당히 조합하면, 에너지 준위간의 여기와 완화의 평형이 깨어져, 어느 특정한 준위간에 반전분포를 이룰 수 있다. 이러한 레이저 증폭의 원리를 이용하여, 발진기를 구성하는 데는 그림 1 과 같이 레이저 매

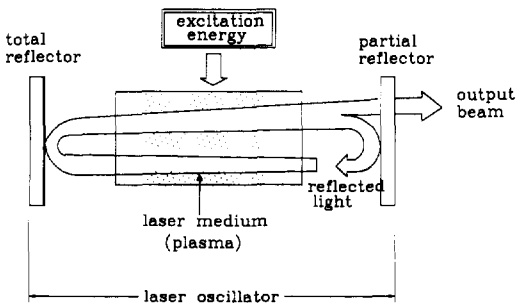


그림 1 레이저 발진기

질을 공진기중에 설정하여, 증폭된 광을 잡아 가두면 된다. 공진기에서 손실되는 광보다도 레이저 작용에 의한 증폭쪽이 우세하게 되면, 내부의 레이저 광강도가 증대되어 발진이 일어나게 된다.

2.2 YAG 레이저의 구조

그림 2 에 YAG 레이저 장치의 개략도를 보인다. 두 개의 크립톤 아크 램프를 이용하여 공진기 내부를 타원 구조로 하여, 그중점 위치에 램프 및 YAG 로드 를 설치하고 램프 바깥쪽의 타원 내부표면에 금막 코팅을 실시한 반사경을 두어, 램프에서 나온 모든 빛이 YAG 로드 에 모이게 한다. 양쪽의 두개의 거울 (전반사경 및 반반사경)에 의하여 레이저 작용을 일으킨다. 전반사경과 공진기와의 사이에 Q 스위치 소자를 두어 빔자체를 일시적으로 잡아가둠으로서 펄스적으로도 사용할 수 있다.

2.3 YAG 레이저의 특성

YAG 레이저는 수적으로 루비 레이저를 능가하는 범용성 레이저로서 YAG 결정은 레이저 동작에 적합한 특성을 갖는 조합체이다. YAG host는 단단하고 광학적으로 우수하며 높은 열전도성을 가지고 있으며, YAG의 입방구조는 협대역 형광선폭을 갖고있어, 레이저 동작에 있어 낮은 문턱치와 높은 이득을 제공한다.

Nd : YAG가 보여주는 우수한 스펙트럼 및 여기특성에 첨부하여 결정자체는 물리적, 화학적, 기계적으로 매력적인 특성을 나타낸다.

YAG 결정은 낮은온도에서 부터 용점에 이르기까지 안정하며, 고체상에서는 변형이 일어나지 않는 것으로

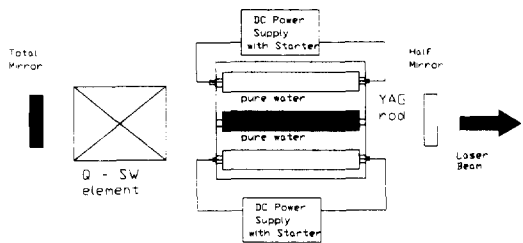


그림 2 YAG 레이저 구성의 개략도

알려져 있다. 또 경도 및 강도는 루비보다 낮지만, 정상적인 결정성장에서 심각한 취약점은 보이지 않으므로 충분히 우수한 결정이다. 순수 $Y_3Al_5O_{12}$ 는 무색이며 광학적으로는 동위체 결정이며, Garnet의 체심입방 결정이다. Nd:YAG에는 YAG에 약 1%의 이트륨 3가이온이 네오디미움 3가이온에 함침되어 있다. 두개의 희귀 음이온의 반경은 약 3%의 차이가 있다.

YAG 레이저의 중요한 물리적 특성을 표 1에 표시한다.

상업적으로 널리 이용되는 레이저 결정은 Czochralski 법에 의하여 만들어 진다. 성장율, 도우핑, 아닐링 절차, 그리고 최종적 크기의 각 결정의 가공율을 결정한다. Boule축이나 성장방향은 전통적으로 (111) 방향이다.

Nd:YAG로부터의 Boule 성장은 광학적으로 매우 적은 관측가능한 산란 중심을 가지며, 여기과장에 있어서 무시가능한 흡수를 보인다. 그러나 Czochralski 법에 의하여 성장된 모든 YAG 결정은 교차

표 2.1 Physical and Optical properties of Nd:YAG

Weight % Nd	0.725
Atomic % Nd	1.0
Nd atoms/cm ³	1.38×10^{20}
Melting point	1970 C
Knoop hardness	1215
Density	4.56g/cm ³
Rupture stress	$1.3-2.6 \times 10^4 \text{kg/cm}^2$
Thermal expansion coefficient	
(100) orientation	$8.2 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$, 0-250C
(110) orientation	$7.7 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$, 10-250C
(111) orientation	$7.8 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$, 0-250C
Linewidth	45nm
Stimulated emission cross section	$\sigma_{21} = 2.7-8.8 \times 10^{-19} \text{cm}^2$
Relaxation time ($^4F_{11/2} \rightarrow ^4F_{9/2}$)	30ns
Radiative life time ($^4F_{3/2} \rightarrow ^4F_{11/2}$)	550ns
Spontaneous fluorescence life time	230ns
Photon energy at 1.06 μm	$h\nu = 1.86 \times 10^{-19} \text{J}$
Index of refraction	1.82 (at 1.06 μm)
Scatter losses	$\text{asc} \approx 0.002 \text{cm}^{-1}$

편광자 사이에 설치되었을 때, 결정축을 따라 bright core running 을 보이며, 당김방향으로 strain flares 또한 잘 나타나며, 코어(core)로부터 결정주위를 향하여 방사상으로 발산한다.

Q 스위칭 동작을 위해서는 높은 에너지 저장율이 필요하므로 약 1.2%의 도핑농도가 바람직하다. YAG rod는 얇은 자색의 결정이고, 그 크기는 50W급이 $\Phi 3 \times 65$, 300W급의 경우는 $\Phi 8 \times 150$ 정도의 것이 사용되고, 600W 이상의 고출력용으로는 사각형의 로드가 사용된다.

여기용 램프는 YAG rod와 평행으로 배치되며 양자는 모두 집광기내에 수납된다. 여기 램프의 방전길이는 YAG rod 전체길이에 충분히 여기되도록 선정할 필요가 있다. 집광기 내면은 순금으로 도금된 타원통면으로 그 두개의 초점에 로드와 램프가 각각 배치되도록 함으로서 램프에서 방사되는 에너지가 로드에서 유효하게 전달되도록 하여야 한다. YAG 레이저의 효율은 2-3%로서 집광기 내부에서는 상당한 발열이 있으므로 냉각을 시켜서 레이저의 안정된 동작을 위한 적정 온도를 유지시켜야 한다.

공진기를 이루는 두개의 거울로서 전반사 거울은 반사율 99% 이상의 것을 사용하며, 출력거울은 Pluse 인 경우는 반사율이 50% 정도인 것이 사용되고, CW (continuous wave)인 경우 반사율이 70-80% 정도의 것이 사용된다. 반사율의 조정은 광학유리의 거울 기판에 번갈아 가며 증착시키는 두종류의 유전체 막의 층수로 결정된다.

3. 전기연구소의 개발동향

펄스 YAG 레이저는 원자력 연구소의 광학 연구실에서 85년 이후로 연구를 계속하여 현재 시제품 제작까지 이루어 지고 있는 상태이다. 따라서, 전기연구소는 연속 YAG 레이저의 연구를 시작하여 산업용의 레이저 가공기에 이용될 수 있는 1kw 급의 CW:YAG 레이저의 개발 및 상품화를 최종목표로 91년 3월부터 연구를 진행하여 왔으며, 91년 12월 부터 과거 추경 예산 특정과제로 (주식회사) 삼 현과 함께 200W 급의 국산화 연구를 시작하여 램프 및 로드를 제외하고 국산화에 성공한 결과를 본 특집을 통하여 소개 하고자 한다.

3.1 CW: YAG 레이저의 설계 및 제작

그림 2의 개략도에서 알 수 있는 바와같이 발진기를 구성하여, 안정된 동작을 유지하기 위한 냉각장치 및 전원장치를 구성하면 된다.

전 반사경(F. M.)의 반사율을 R_1 , 반 반사경(H. M.)의 반사율을 R_2 라 하고, 실제로 레이징을 일으키는 매질의 길이를 L 이라 두면, 매질에 의하여 변환된 단위길이당의 이득을 g 라고 하면 매질을 한번 통과할 때마다 이득은 $\text{Exp}(gL)$ 의 팩터로 증가한다. 그리고 반사, 산란, 흡수, 증폭매질이나, 공진기 내부소자에 의한 회절등에 의하여 발생되어 출력에 도움이 되지않는 손실분을 하나의 피라미터로 보아 흡수계수 α 로 두자. 레이저 방사가 매질을 통과한 뒤에 F. M.에 의하여 반사되고, 다시 매질을 통과하여 H. M.에 의하여 반사되는 동작을 무한히 계속하게 되며, 이들의 전체 광자밀도가 초기의 광자밀도와 같을 때 발진이 일어난다. 한 점에서 방사된 점은 원래의 방향으로 똑같은 점을 통과하기 이전에 두번의 반사를 경험하게 되므로 레이징 동작을 통한 광의 two-way passage 때마다 손실과 이득은 같아지므로 발진조건을 수식화하면 다음과 같다.

$$R_1 R_2 \text{Exp}(g-\alpha) 2L = 1 \quad (1)$$

본 연구에서는 연속 여기이므로 램프에는 크립톤 아크 램프가 이용된다. 사용한 아크 램프는 직경이 6.3mm, 길이 102mm이며, 정격 동작전압은 150V, 정격 동작전류는 40A이다. YAG 로드 역시 같은 직경, 같은 길이이며, 유효 여기장은 76mm이다.

그림 3은 자체로 설계한 공진기의 평면도이다.

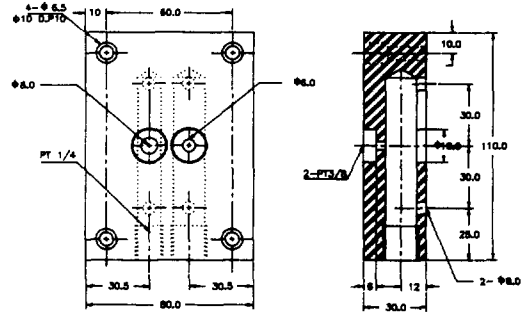


그림 3 YAG 레이저 공진기 평면도

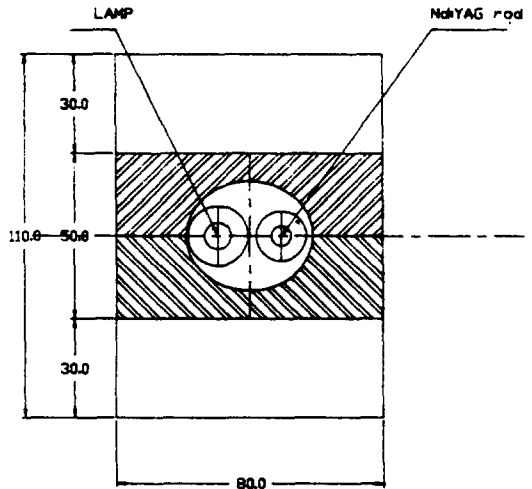


그림 4 냉각수를 흘리기 위한 파이렉스 관의 구조

성을 보이므로 가장 우수한 냉각제이다. 체적흐름에 의한 유량비(fv)를 $fv = m/\rho$ (ρ :액체밀도)로 두면, 온도상승은

$$\Delta T = 0.224 P [\text{kw}] / fv [\text{liters/sec}] \quad (3)$$

과 같다. 냉각수 입구 및 출구의 온도차는 섭씨 5도 정도가 적합하므로, 식(2)에 의하면 fv 는 약 25 [liters/sec]가 주어지므로 시판의 가정용 물펌프를 사용하고, 그 유속을 유지시키기 위하여 그림 4와 같은 냉각수의 흐름을 형성시키는 파이렉스 관을 누설이 없도록 설계하였다.

냉각수의 순환경로는 먼저 로드로 들어가 여기용 램프를 거쳐, 금막코팅 리플렉터를 지나서 수조로 돌아오는 구조로 하는 것이 레이저 헤드 내부의 정압을 최소화 할 수 있다. 그림 5에 냉각장치의 개략도를 보인다.

3.2 냉각장치

램프 한개에 6kw의 발열이 있으므로, 안정된 레이징 동작을 유지시키기 위해서는 램프 및 로드 그리고, 리플렉터의 냉각이 필수적이다.

레이저 헤드를 통과하여 지나가는 냉각재의 온도상승은 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta T = Q / (Cp m) \quad (2)$$

여기서, Q 는 노출된 열, Cp 는 냉각재의 비열, m 은 냉각재의 질량이다. 다른 냉각재와 비교할 때, 물은 가장 높은 비열 및 열 전도도를 가지며, 또한 가장 낮은 점

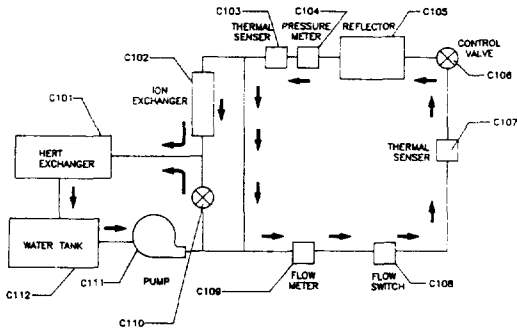


그림 5 냉각장치의 개략도

3.3 정원장치

사용된 램프는 미국 CASCADE LASER CORP. 사의 모델 LL617-N 으로서 전기적 특성은 다음과 같다.

최대평균 입력	최대정격 전압	최대정격 전류	시동특성(램프점등초기정격)	
			최소 양극 전압	최소 트리거 전압
6,000W	150±5V	40 A	1-1.5 kV	20-25 kV

따라서 위와 같은 램프의 정격을 만족시켜 주는 전원장치가 필요하다. 즉, 상용주파의 공급입력이 3상 절연 변압기에 인가되면 전력용 변압기의 2차측의 각 출력이 3상의 SCR 중앙에 직렬로 연결된다. 제어부는 전류 샘플링 저항으로 부터의 아날로그 입력을 감지하여 기준전압과 비교하여, 위상제어 된 펄스들을 발생시켜, SCR을 점호한다. 정류기의 출력은 리플을 최소화하기 위하여, L/C 필터를 거쳐서 램프 부하에

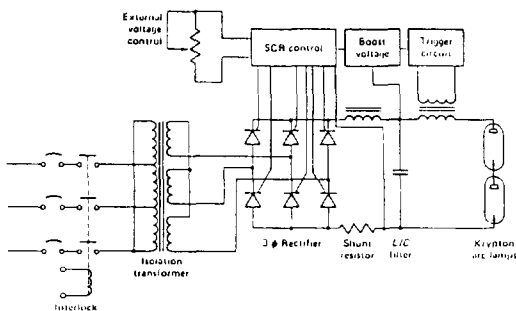


그림 6 전원장치의 개략도

인가된다. 램프의 시동특성에서 알 수 있는 바와 같이 초기 램프를 점등시키기 위한 고전압 펄스 및 직류 바이어스 전원이 필요하다. 시동특성에 따라 램프를 점등시킴과 동시에 직류 전류를 10A (stnad-by 상태) 정도 흘려주며 시동특성 전원은 트립시킨다. 그림 6에 전원장치의 개략도를 보인다.

3.4 특성실험 및 결과

그림 7에 전류를 제어해 가며, 레이저 출력을 측정 한 결과를 보인다. 전류 18A에서 발진을 시작하여 정격전류까지 출력이 증가되는 것을 알 수 있다. 그림에서 2 Head로 표시한 것은 레이저 헤드 2 대를 직렬로 넣었을 때의 실험결과이다. 출력특성은 거의 비슷하며, 1 Head의 출력을 1.0으로 볼 때, 2 Head의 경우는 1.7로 볼 수 있는 결과를 얻었다.

사진 1은 200W 급 CW:YAG 레이저 시스템으로서 (주식회사) 삼 현과의 공동연구를 진행하여 상품화 시킨 것이다.

4. Nd:YAG 레이저의 응용기술

레이저 광이 가지고 있는 에너지를 재료의 가공에 이용하려고 하는 시도가 계속되어 절단, 용접, 트리밍 등의 기술이 실용화 되어 왔으며, 기타 레이저 광이 갖

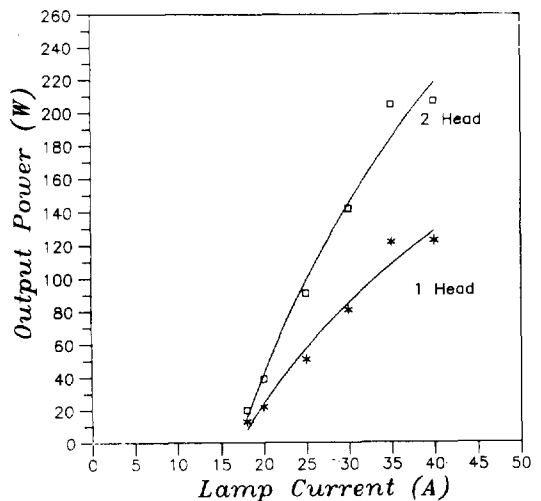


그림 7 램프 전류에 따른 레이저 출력 변화

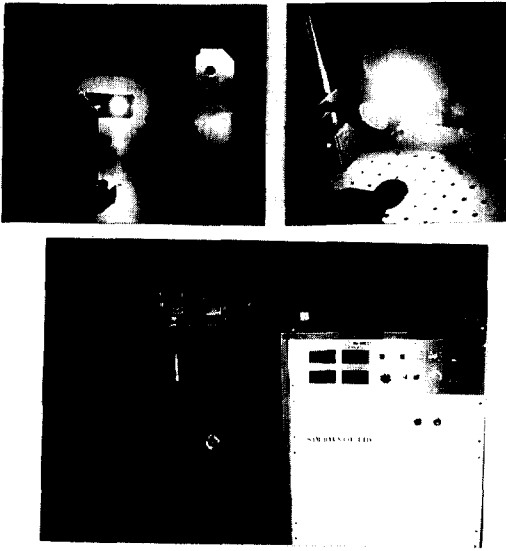


사진 1 상품화에 성공한 200W 급 CW:YAG 레이저 시스템

는 직진성, 지향성, 코히어런스 성등을 이용한 계측장비의 응용은 물론, 의료용에 까지 이용되고 있다.

4.1 절단 및 용접

먼저, 표 2에 가공용으로 이용되는 YAG 레이저의 종류와 대표적인 특성예를 보인다.

표2 가공용에 이용되는 YAG 레이저의 종류와 특성예

Excitation & modes	Features	Max. Output Power	Repetition Rate	Pulse Width	Applications
CW					
TEM ₀₀	Q-Switched	>10kw(peak)	at 1kHz	80ns	Trimming
	Q-Switched	>20kW(peak)	at 1kHz	80ns	Trimming
	Q-Switched	>100kW(peak)	at 1kHz	100ns	Marking
	Normal	>100W(CW)			Soldering
	High Power	>300W(CW)			Cutting &
	Cascaded	>1200W(CW)			Welding
PULSE					
TEM ₀₀	Q-Switched	>50kW(peak)	20 pps	< 20ns	Mask repair
Multimode	Normal	>150W(ave.)	100 pps	1-10ms	Marking
	Normal	>350W(ave.)	200 pps	0.5-12ms	Spot welding

절단에는 300W 이상 1kw의 저차 모드 발진광이 널리 이용되며, 그 대상도 강판에서 세라믹, 플라스틱, 목재등 여러분야에 걸쳐 있다. 레이저 절단의 특징은 절단폭이 좁고, 열 영향이나 변형이 적은 고속절단이 가능한 것이다. 일반적으로 레이저 절단에는 가스 분사기(Nozzle)가 병용된다. 철강재료의 절단에는 산소 가스의 분류가 이용된다. 반사율이 높아 절단이 어려운 재질인 구리 및 알루미늄의 경우는 출력의 펄스와 동시에 가공부에서의 반사광에 기인한 출력의 변동을 잘 제어함으로써 절단을 가능하게 할 수 있으며, 산화작용이 없는 질소나 아르곤을 보조가스로 이용한다. 항공기용 복합재료등의 경우는 인장강도 및 탄성계수가 크고, 대단히 가공이 어려운 재료에도 적용된다. 플라스틱은 절단시, 유해하거나 악취가스가 발생하므로 대책이 필요하며, 목재의 절단은 고체가 용융되는 과정을 거치지 않고, 직접 산화되어 기화하는 특수한 가공 기구이며, 종이도 마찬가지이다.

레이저 광을 효율적으로 이용하여 절단가공을 수행하기 위해서는 높은 에너지 밀도를 갖도록 광을 접속시켜야 하고, 가공재료를 용융상태로 제거하기 위한 보조기체의 사용이 필요하다. 이러한 요구조건을 만족시키는 절단용 빔 가이드의 개략도를 그림 8에 보인다.

용접용의 YAG 레이저는 펄스 여기가 널리 이용되며, 스플래시의 발생을 억제하기 위하여 파워밀도는 비교적 낮게 설정된다. 1mm 이하의 비교적 얇은 판의

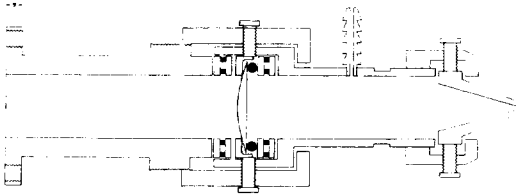


그림 8 절단용 빔 가이드를 포함한 노즐

용접에는 광파이버 전송계를 갖춘 시스템이 상품화 되어 있고, 실제로 칼라 브라운관의 전자총 조립라인에 사용되고 있다. 광 파이버 전송계를 이용한 조작성의 우수성때문에 적용범위의 확대에 대한 산업계의 요구가 커지고 있으며, 최근 연속 2kw 까지 상용화 되고 있다.

4.2 마킹 트리밍 리페어링

Nd:YAG 레이저의 발진파장(1.06 μ m)에서는 저 손실의 석영계 광 파이버가 이용되어 원격지까지 고 효율로 파워를 전송할 수 있다. 마킹방식은 집속 레이저 광빔을 이용한 스캐닝 방식과 브로드한 광빔을 이용한 마스크 방식으로 대별된다. 스캐닝 방식의 레이저 마킹에는 50 μ s 정도까지의 고반복 Q-SW YAG 레이저가 사용되며, 응답속도가 빠른 갈바노미터 구동의 반사경에 의하여 레이저 빔을 스캔하여 문자나 도형을 그린다. 마스크 방식의 레이저 마커에는 단일 펄스로 수 J이상의 고출력 에너지가 얻어지는 펄스 여기 레이저가 이용된다.

YAG 레이저에 의한 트리밍은 저항이나 회로의 특성치를 고속, 고정도로 조절할 수 있으므로 하이브리드 IC 등의 제조기술로서 확립되어 널리 보급되고 있다. 전자회로의 저항체의 허용오차는 $\pm 5\%$ 이내인 경우가 많고, 제작공정의 오차를 포함한 공차내에 맞추는 것은 레이저에 의존할 수 밖에 없다. 후막 및 박막의 저항 트리밍에는 연속 여기 Q-SW YAG 레이저가 사용된다.

전자회로의 수정에는 일반적으로 배선의 절단기술과 접속기술과의 양자가 모두 필요하다. 배선의 절단에는 펄스 레이저에 의한 제거공이 이용되고, 접속에는 Q-SW YAG 의 제 2 고조파(SHG: Second Harmonic Generation, 파장 532nm)가 이용된다.

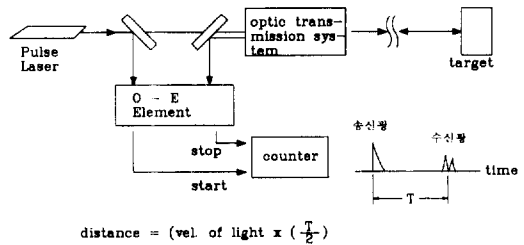


그림 9 Q-SW pulse : YAG 레이저에 의한 측거 장치

4.3 측정예의 응용

레이저 기술은 빔자체의 시간적 집속성을 극히 높일 수 있다. 펄스폭 수 ns 의 초단파 광펄스를 발생 시킴으로서 광출력을 거대화하여 10MW 이상의 순간출력을 얻을 수 있다. 이것을 이용하여 그림 9와 같은 거리측정 장비로 이용된다. 거리측정의 분해능은 단순 계산으로는 펄스폭의 역수에 비례하며 1 ns일때, 30cm이고 펄스 상승시간을 조정함으로써 정도를 개선시킬 수 있다.

대기현상의 원격계측 기술로서 최근 각광을 받고 있는 LIDAR(Light Detection And Ranging)기술이 있다. 종래의 수동적 센싱기술로는 얻을 수 없는 대기 현상이나 물리 정보의 3차원 공간분포를 실시간에 계측하는 기술이다. 최근에 대기 오염이나 기후 변동의 문제, 생활 환경의 질적 보존등의 중요성이 사회적으로

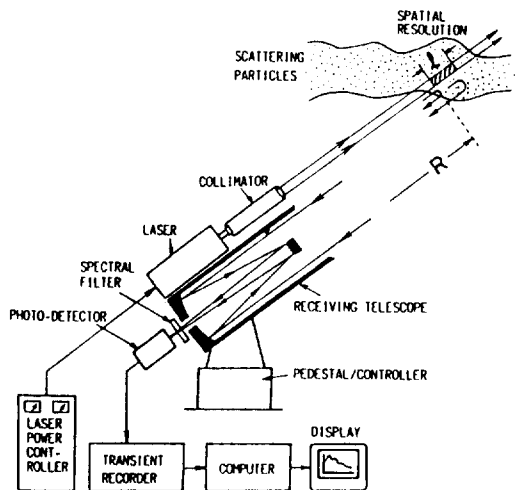


그림 10 LIDAR 계측법의 개념도

로 인식되고 있다. 그림 10에 LIDAR 측정법의 개념도를 보인다. 일반적으로 펄스동작의 레이저 광을 송신광원으로 이용하여, 송신 광학계를 통하여 레이저 광을 평행빔으로서 대기중에 보낸다. 원거리에 있는 물체 또는 미소 산란체에서 산란된 레이저 광의 후방 산란광을 수신 광학계로 집광하여, 필터로서 배경광등의 잡음광을 제거하여 광 검출기로 전기신호로 변환한다.

LIDAR의 특징은 레이저 광이 갖는 단 펄스성, 고지향성, 고출력성, 협대역 스펙트럼 특성등에 의하여 고감도로 원격 계측할 수 있다는 것이다. 표 3에 LIDAR에 이용되는 광파의 특성과 상호작용의 종류, 계측 가능한 물질과 물리량의 분류를 보인다.

4.4 의료용에의 활용

레이저의 의학에의 활용은 극히 일찍, 1960년에 MAIMAN에 의하여 처음으로 레이저가 발진된 이래, 1962년에 이미 의학적 응용이 시작되어 적혈구의 부분적 수술, 암세포에 대한 특이적 파괴효과 등에 대한 기초연구가 시작되었다. 1975년 이후, 외과용 수술칼로서 CW:YAG 레이저가 사용되기 시작하여 현재 시제품이 나와 있을 정도이다. 위궤양이나 방광암등에 내시경을 이용한 치료, 담석 파괴용, 충치치료에는 펄스 YAG가 이용되고 있으며, 최근 붓을 이루고 있는 레이저를 이용한 피부 질환 치료중 기미제거에는 Q-

SW CW:YAG의 SHG(532nm 의 녹색광)를 이용하여, 탈피술을 겸하고 그 효과는 확실한 것으로 강진수 피부과 원장이 보고하고 있다.

5. 결 론

표 3 LIDAR 계측가능한 물질 및 물리량

Observable	Interaction Process	Matter	Sensing Parameter
Light Wave	Intensity	Mie Scattering ----- Particle	Size, Ref. Index, Dens.
		Rayleigh Scatt. ----- Molec., Atom	Density, Temperature
	(elastic)	Resonance Scatt. ----- Atom	Species, Dens., Temp.
		Absorption -(Differ. Absorp.) --- Molec., Atom	Spec., Dens., Press., Temp.
	Frequency	Scattering -Raman Scattering --- Molecule	Spec., Dens., Temp.
		(inelastic)-Dopplar(Rayl.)Scatt.-Molec., Atom	Velocity, Dens., Temp.
	Wavelength	Emission ---Fluorescence ----- Molec., Atom	Spec., Dens., Temp.
	Phase	-----Dopplar Shift ----- Partic.Solid	Velocity, Dens.
	Polarization	-----Mie Scattering ----- Particle	Density, Species
	Propagation Direction	---Mie Scattering ----- Particle	Size, Ref. Index
Velocity(Time Delay)	---Dispersion ----- Molecule	Temp., Press.	

Nd:YAG 레이저의 제작 및 응용기술에 대하여 기술하면서, 일반인도 알 수 있도록 레이저의 발진원리를 설명하고, YAG 레이저의 구조 및 특성을 설명하였다. 그리고, 산업용으로 널리 활용되고 있는 가공기 및 측정기에 활용되고 있는 YAG 레이저중 전기연구소에서 수행한 연구결과를 소개함과 아울러 그 응용기술들에 대하여 간략하게 설명하였다.

가공 및 측정에 활용되는 용도로 볼 때, 전자부품이나 정밀기기 부품의 제조분야에서는 가공대상의 소형화, 다양화, 제조원가의 저감 및 양산성의 향상등에 강한 요구가 있으므로 가공의 미세화, 고속화, FA(Factory Automation) 생산 시스템에의 대응등을 추구해 가야할 필요가 있다.

향후 전기연구소는 (주식회사) 삼 현과 함께 레이저 출력을 증대해 나가는 연구를 계속함은 물론, 보다 신뢰성있는 상품화를 위하여 노력을 경주할 것이다.

끝으로, 이러한 특집을 집필할 수 있는 기회를 마련해 주신 전기학회 관계자 및 연구비를 지원해 주신 과기처 관계자에게 감사드리며, 필요한 일이 있을 때마다 도와주신 당 연구소 고전압 연구실 연구원 및 (주식회사) 삼 현의 관계자 여러분께 심심한 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] "DESIGNING Nd:YAG LASERS for HIGHER POWER", LASERS and OPTRONICS, AUGUST, pp 33-35, 1990
- [2] Marija S. Scholl, "Measured spatial properties of the cw Nd:YAG laser beam", Applied Optics, Vol. 19, No. 4, pp 3655-3659, 1980

- [3] K. Washio, "Materials Processing with Solid-State Lasers" *ibid*, Vol. 18, pp 670-677, 1990
- [4] D. Schuocker, B. Walter, "Theoretical model of oxygen assisted laser cutting", *ibid*, pp 111-116, 1986
- [5] 히라노 외, "실용 레이저 기술", 전자통신학회, 1983
- [6] W. Koechner, "Solid State Laser Engineering", 1976
- [7] H. C. Peebles, Proc. Laser advanced materials processing '87, Lyon, France, Sep. p. 19, (1987)
- [8] 김희제 외, "가공용 CW YAG 레이저 개발에 관한 연구" 전기학회 전국대회 거제전문대, 학술발표 논문집 (B) p. 1275-1276 (1992)



김희제(金熙濟)

1955년 10월 23일생. 1980년 부산대 공대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1981~83년 부산대 공대 전기공학과 조교. 1983~90년 일본 문부성 장학생. 1987~90년 일본 큐우슈우 대학원 에너지변환공학 졸업(공학). 현재 한국 전기연구소 선임연구원.



이홍식(李弘植)

1953년 9월 13일생. 1975년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 졸업(석사). 1990년 서울대 대학원 졸업(공학). 현재 한국전기연구소 책임연구원.



문덕쇠(文德釗)

1962년 6월 9일생. 1988년 경남대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재(주) 삼현 연구 개발부.