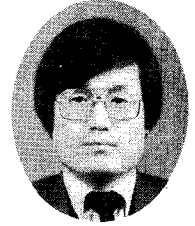


레이저의 기본원리와 레이저응용 및 ENGINEERING

광학기계

금성전선연구소
레이저개발팀장
김 득 영



현재 사회는 복잡성을 더해 가고 있으며, 사회생활의 영역확대가 불가피하게 되었다. 따라서 이와 같은 사회생활의 발전은 **Mass communication, High speed communication & Transportation, Compact & Multifunction**의 기능을 요구하고 있으며, 이에 따라 과학과 기술이 급속히 진행되고 있다. 예를 들면 1960~70년대의 **Electronics**시대에서, 1980년대의 **Mechatronics**시대가 열리고, 1990년~2020년대의 **Optronics** 시대로 2020년 이후의 **Atomooptronics** 시대로의 방향이 점쳐지고 있다. 따라서 현재 각 국가에서는 뒤지지 않기 위해 차기 시대의 주기술인 광사업에 많은 투자를 하고 있으며, 광사업의 주된 기술이 레이저와 그 응용기술이므로 본 글에서는 레이저의 역사, 레이저 빛의 특성과 그 원인을 밝히어 기술확장을 꾀하고, 이어 레이저의 응용기술 및 분야를 열거하며, 마지막으로 값비싼 산업용 레이저의 **System engineering**을 소개하겠다.

[1] 레이저의 역사

레이저는 1960년에 탄생되어 겨우 30년의 역사를 가지고 있다. 그러나 30년의 역사에도 불구하고 지금은 모든 산업에 지대한 영향을 미치고 있다. 즉 각 산업분야에 레이저 응용은 그 산업의 혁신을 가져 왔다. 레이저의 30년 역사를 간략히 설명하면 다음과 같다.

1. 1960년대 : 각종 레이저의 개발
2. 1970년대 : 레이저의 특성 안정화 및 출력 증가
3. 1980년대 : 레이저 응용기술 확대

레이저 탄생의 태동은 세계 2차 대전의 결정적 역할을 한 기술, 극초단파(Micro Wave)의 연구가 전쟁 후 1950년대에도 계속되어 이론의 토대가 마련되었으며 1950년대 말에 파장이 보다 짧은 빛의 영역에 적용된 결과로 탄생되었다.

이론의 연구는 1958년 말에 미국과 소련에서 동시에 발표되었다. 미국은 벨 연구소(Bell Lab.)

의 타운즈(Towns)와 그의 의제 셀로우(Shawlow)에 의해서, 소련은 레베더프 연구소의 바소프(Basov)와 프로코로프(Prokhorov)에 의해서 이론이 발표되고, 노벨상을 수상하였다. 그러나 최근에 이론의 창시자가 위의 4명이 아니라, 1957년 11월 13일 미국의 Columbia's Radiation Laboratory의 구울드(Gordon Gould)가 공중합 연구노트가 최초임이 판명되어, 레이저 사업의 특허 싸움이 일고 있다.

레이저의 개발 역사를 보면 다음과 같다.

- 1960년 6월 : 루비(Ruby) 레이저
메이먼(Maiman) : 미국 휴즈항공사
- 1960년 12월 : 헬륨네온(He-Ne) 레이저
재반(Javan) : 미국 벨 연구소
- 1962년 10월 : GaAs반도체 레이저
나탄(Nathan) : 미국 IBM
홀(Hall) : 미국 General Electric co.

퀴스트(Quist) : 미국 MIT

1964년 : 아르곤(Argon) 레이저

브리지스(Bribges) : 미국 벨 연구소

1964년 : CO₂ 레이저

패텔(Patel) : 미국 벨 연구소

1964년 : YAG 레이저

게이직(Geusic) : 미국 벨 연구소

1966년 : 색소(Dye : 니트로 벤젠) 레이저

소로킨(Sorokin)

1968년 : He-Cd 레이저

실프바스트(Sylvast) : 미국 벨 연구소

그후 계속 새로운 레이저가 개발되었으며, 가스 레이저에서는 엑시머(Excimer) 레이저, 고체 레이저에서는 일정대역에서 연속파장가변이 가능한 알렉산드라이트 레이저와 F.센타 레이저, 반도체 레이저에서는 가시광선 레이저, 자유전자(Free Electron) 레이저 등의 주요레이저가 개발되었다.

[2] 레이저의 동작 원리

(1) 레이저란 무엇인가?

레이저란 간단히 말하면, 빛을 「공명방출이란 원리를 이용」 증폭시키는 방법을 의미하며, 그와 같은 방법을 통하여 만들어진 빛을 레이저 빛 또는 레이저 광이라고 한다. 레이저빛은 다음과 같은 중요한 특성을 갖고 있다.

1. 단색성(Monochromaticity) : 하나의 색깔(파장)
2. 지향성(Directivity) : 한방향으로 전파되며 적게 퍼짐.
3. 가간섭성(Coherence) : 위상차를 유지함(간섭무늬발생의 원인이 됨)

레이저빛의 특성을 이해하기 위해선 「공명이란 현상」을 이해하면 어느 정도 레이저를 이해한 것이 될 것이며, 공명을 이해하기 위해서는 빛이 무엇인가 하는 물리적인 감각을 익혀야 할 것이다.

① 빛의 발생원리

빛을 간단히 말하면 전자기 파(Electromagnetic Wave)라고 할 수 있다. 즉 빛의 물리적인 감각은 파(Wave)다. 파의 현상은 우리들 주위에 많이 있다. 즉 소리, 파도, 지진(음파), 태양 빛, 램프빛, 레이저빛(광파), 물질파 등이다. 파는 자연에서 가장 중요한 현상으로 에너지를 전달하는 한 방법이다. 또한 모든 파는 전파하면서 물질과 접하며 공명이란 원리에 입각하여 행동한다.

빛을 이해하기 위해서는 먼저 파(Wave)의 이해가 우선되어야 한다. 파를 이해하기 위해서는 파를 발생시키는 Mechanism을 이해해야 한다. 파를 만드는 Mechanism은 간단히 말하면 에너지원의 진동(Oscillation)이다. 즉 진동에 의해서 파가 만들어지고 만들어진 파는 진동방향의 수직방향으로 전파되며 전파된 파는 물질과 접할때 공명이론에 따라 물질에 흡수되고, 흡수현상의 결과는 진동의 일차적 결과를 가져오고, 진동의 결과 제2의 파의 발생 Mechanism이 되든가, 다른 에너지로 변하게 된다. 따라서 진동과 파가 공명원리에 따라 움직이며 에너지를 전파하게 된다. 이때 특히 「발생되는 파는 진동과 같은 주파수와 방향과 위상을 갖게 된다」

빛에는 두 종류의 빛이 있다. 하나는 일반적인 빛이고 다른 하나는 레이저 빛이다. 두 빛의 차이점은 다음과 같다.

일반적인 빛	레이저 빛
다수 파장(빨·주·노·초·파·남·보)	단일파장(한 색깔)
사방으로 발생(4 π 방향)	단일방향
위상차가 멋대로임	위상차 일정

두 빛의 특성이 다른 이유는 무엇일까?, 그 이유는 위에서 설명한 파의 발생 Mechanism인 진동이 서로 다른 방법으로 행해지기 때문이며, 이 진동방법의 이해는 레이저와 레이저의 특성의 이해와 직결된다.

진동은 3종류의 진동이 있는데, 한 방법은 이상적인 진동임으로 자연에는 두종류의 진동이

존재한다.

1. 자유 진동 : 진동이 영원히 지속됨(에너지 보존), 파의 발생이 없음 : 이상적임.
2. 감쇄 진동 : 진동이 자연적으로 스스로 파를 발생시킨 결과 에너지 감소로 서서히 진폭이 작아지며 소멸되는 진동

결과 : 다수의 진동원(source)이 각자 자연적으로 스스로 발생한 파들의 합성은 일반 빛과 같은 파의 성격을 갖는다.

3. 강제 진동 : 진동이 주위 파의 영향으로 공명되어, 영향을 준 파와 같은 주파수 방향으로 또 영향을 준 파와 일정한 위상차를 가지며 진동하면서, 파를 발생시킨 결과 에너지 감소로 서서히 진폭이 작아지며 소멸되는 진동

결과 : 다수의 진동원이 공명에 의해 영향을 받아서 모두 같은 주파수 및 방향 그리고 각자 일정한 위상차를 갖는 파들을 발생하며, 파들의 특성은 레이저빛과 같은 파의 성격을 갖는다.

일반적인 빛은 전기를 띤 물질들이 「감쇄진동」을 할 경우 발생된 빛으로 자발적인 빛(Spontaneous emitted light)이라고 불리우며 자연에 존재하는 빛들은 모두 여기에 해당한다. 또한 레이저빛은 「강제진동」을 할 경우이며 인공적으로만 가능한 빛이다.

(2) 레이저 기본원리

레이저 동작원리의 이해는 「강제진동」과 「공명원리」로 집약되며 강제진동의 원리가 「공명원리」의 일부분이므로 지금부터 공명이론을 설명하겠다. 공명이란 파가 물질에 영향을 주어 에너지 교환이 발생한 사실을 의미하며, 공명하려면 파의 극성(Polarization)이 물질의 진동 극성과 일치해야 하고, 파의 주파수가 물질의

고유주파를 중심으로 일정한 주파수 대역 안에 있어야 함을 의미하며, 그와 같은 조건에서는 에너지의 교환이 발생하는데 이를 공명현상이라고 한다. 공명현상에는 2종류의 현상이 있는데 하나는 공명흡수(Resonant Absorption)이고 이는 파의 에너지가 낮은 상태의 물질과 공명하여 에너지를 물질에 주는 경우이고, 다른 하나는 공명방출(Resonant Emission) 현상으로 이는 레이저의 원리로 파가 에너지가 높은 상태의 물질에 영향을 주는데 이때는 에너지 교환은 없으나 물질이 영향을 받아 에너지가 낮은 상태로 되면서 강제진동상태가 되어 파를 방출하는데 이때 공명현상이 적용되어 영향을 준 파와 같은 극성으로 고유진동수가 아닌 영향을 준 주파수로, 영향을 준 파와 일정한 위상차를 갖는 제2의 파를 방출함을 의미한다. 따라서 영향을 준 1차파와 공명방출된 2차파는 완전한 닮은 꼴로 파의 증폭을 의미한다. 이때 극성의 일치는 방향성으로, 주파수의 통일은 단색성으로, 일정한 위상차의 유지는 가간섭성(Coherence)을 설명하게 된다.

레이저(LASER)란 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 머릿말의 축약어로 「빛이 강제진동과 공명방출과정을 거쳐 증폭됨」을 의미한다. 이때 레이저의 특성 중 방향성은 즉 공명방출시 극성의 일치 자연현상은 벡터(Vector)에 입각하여 힘의 전달이 있고 파워(Power) 및 에너지 교환은 두 벡터의 스칼라곱을 생각하면 쉽게 이해될 것이며, 물질고유의 주파수가 아닌 고유주파수 주위의 어느 일정 범위 안에 있는 1차파의 주파수를 갖는 이유와 범위의 크기에 대해서는 쉽게 이해가 안될 것이다. 이는 수식적 적용을 하면 쉽게 이해된다. 또 가간섭성의 이유와 위상차의 크기도 역시 수직적으로 설명하면 쉽다. 공명에 관한 설명은 물리책에 많이 있으므로 간략히 전개하겠다.

$$\frac{d^2p}{dt^2} + \gamma \frac{dp}{dt} + \frac{1}{LC} p = \frac{Ne}{m} \cdot E \cos(i\omega t) \dots (1)$$

$$\frac{d^2p}{dt^2} + \gamma \frac{dp}{dt} + \omega_0^2 p = \frac{Ne^2}{m} \cdot E \cos(i\omega t) \dots (2)$$

관성항 감쇄항 복원력항 강제(유도)항

P : 전기 극성 (Polarization of electricity)

γ : 감쇄상수

w : 유도 주파수 (영향을 주는 1차파 주파수)

w_0 : 물질의 고유주파수 ($=1/\sqrt{LC}$)

(1), (2)의 강제 진동의 해는 다음과 같다.

$$p = \frac{(Ne^2/Em)}{(w_0^2 - w^2)\cos\delta + rw \sin\delta} \cos(iwt - \delta) \dots (3)$$

(위 상차: $\delta = \tan^{-1}(w / (w_0^2 - w^2))$)

$$p = \frac{Ne^2 E (w_0^2 - w^2)}{(w_0^2 - w^2)^2 + \gamma^2 w^2} \cos iwt -$$

$$i \frac{Ne^2 E \gamma w}{(w_0^2 - w^2)^2 + \gamma^2 w^2} \sin iwt \dots (4)$$

(3), (4)의 해는 물질의 극성(P)이 유도파(E $\cos iwt$)에 의해 강제진동됨을 보인다. 이때 물질의 극성이 유도파의 극성을 가지며, 에너지흡수방출 ($P=E$) 또 주파수는 유도파의 주파수를 갖고 있으며, (3)해에서 물질진동의 위상이 유도파의 위상과 δ 만큼 차이가 남을 의미하며 이는 강제진동에 의해서 발생하는 빛의 위상과도 δ 만큼 차이가 나고 이 값이 유지됨을 의미한다. 특히 파위의 교환양은

$$P \text{ power} = \langle dp / dt \times E \cos(iwt) \rangle$$

$$= 1/2 \frac{Ne^2 E^2}{m} \frac{\gamma w}{(w_0^2 - w^2)^2 + \gamma^2 w^2} \dots (5)$$

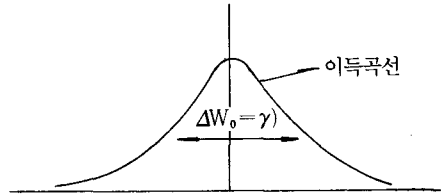
(P의 \cos 항은 에너지교환과 무관하고 \sin 항만이 영향을 줌)

유도파의 주파수가 물질의 고유진동수를 중심으로 w_0 만큼의 대역안에 있을 때 에너지가 교환되며 이 대역을 공명대역이라 부르며, 이 대역의 크기(w_0)는 거의 감쇄상수(γ)의 크기와 일치한다.

(5)를 해석하면

1. 에너지의 교환양은 즉 공명의 크기는 유도파의 세기($=E^2$)에 비례한다.
2. 유도파의 주파수 w가 고유주파수 w_0 에 가까울수록 공명이 잘 발생한다.

따라서 레이저는 최고의 공명방출을 얻을 수 있도록 Design되어 있다. 센 유도파를 만들기 위해서 반사율이 높은 거울로 안정한 공진기를



설계하고 유도파의 주파수 w가 레이저 매질의 고유주파수 w_0 에 가깝도록 공진기의 길이를 조정하거나(횡모드조정), 유도주파수를 여러개로 하여 발전시킬 수 있다(중모드를 Multimode로 한다)

이로써 레이저의 원리 및 특성의 원인을 설명했다. 이어 레이저 응용에 있어서 기본이론이 빛과 물질의 공명흡수이며, 이 과정을 통해서만 이 파의 에너지가 물질에 전달되는데, 공명흡수가 잘 되게 하려면 파의 주파수가 물질의 고유주파수(금속: 플라즈마 주파수, 비금속: 결합 에너지의 주파수)와 거의 일치해야 함을 의미한다. 예를 들면 재료가공시 재질에 따라 적합한 레이저가 있음을 의미한다.

(3) 레이저의 기본구성

일반적으로 레이저광을 발전시키려면 레이저 발전기가 필요하다. 특히 레이저 발전 작용(강제진동에 의한 빛의 증폭)을 얻으려면 그 원인이 되는 물질이 필요하다. 이 물질을 레이저 매질(Laser Medium)이라 한다. 또 레이저 매질을 공명방출시키려면 높은 에너지의 상태(여기 상태라 함)가 되어야 하는데 이를 펌핑(Pumping)이라 하며, 외부적으로 여기하기 위한 여기매체(Pumping Source)가 필요하다. 또한 외부적으로 발생된 빛을 공명조건으로 저장하여 강한 유도파를 만드는 공진기가 필요하다.

레이저 발전기의 기본구성은 다음과 같다.

1. 레이저 매질
2. 여기매체
3. 공진기

1) 레이저 매질의 종류

기 체 : 헬륨-네온, 아르곤, 크립톤, 질소, CO_2 , Excimer, 금속증기

액 체 : 색소니트로벤젠, 로다민-6 등)

고 체 : Nd : YAG, 루비, 유리, RbCl(F. center laser)

반도체 : GaAs, InP, InAs

2) 여기매체 종류

방 전 : He-Ne 레이저, Ar 레이저, Kr 레이저, 질소레이저, CO₂ 레이저, 엑사이머레이저

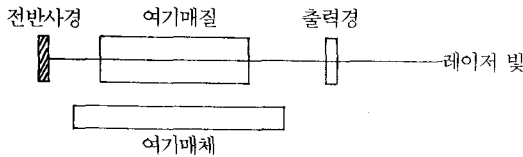
광펌핑 (램프): Nd: YAG 레이저, 루비레이저, 색소레이저, 유리레이저

광펌핑 (레이저) : 색소레이저, F.센터레이저

화학반응 : Chemical laser

3) 공진기

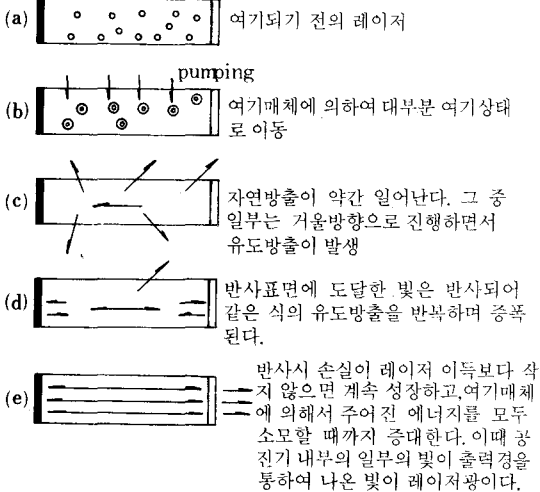
일반적으로 공진기는 2개의 거울로 구성되며, 이 두개의 거울이 매질을 사이에 두고 양쪽에 배치되어 있으며 한쪽의 거울은 반사율이 매우 높아 전반사경 (Total reflector)이라 부르고, 한쪽은 반사율이 약간 적어 레이저빛이 나오는데 이 거울을 출력경 (Output coupler)이라 한다.



(4) 레이저의 증폭작용

레이저 기본구성을 바탕으로, 레이저빛이 형성되는 과정은 다음과 같다.

전반사경 출력경 (부분반사경)



(a)-(e)까지의 과정이 순식간에 일어난다.

[3] 레이저의 응용기술 및 분야.

레이저 응용기술은 레이저의 특성(단색성, 지향성, 가간섭성, 집광성)중 강조되어지는 특성에 따라 분류하면 다음과 같다.

단 색 성 : 원소분리, Display, 광펌핑원, 색분해

지 향 성 : 측거, Compact disk, 속도측정, 통신

가간섭성 : 홀로그램, 계측분야, 레이저관성계

집 광 성 : 재료가공(절단, 용접, 열처리), 의료기(레이저 메스, Coagulator)

레이저의 주요응용분야 및 관련 레이저는 다음과 같다.

계측분야 : 거리측정(Range finder), 속도측정(Doppler velocity meter), 전류 및 전압측정, 압력측정, 진동측정

재료가공분야 : 금속 및 비금속의 절단, 천공 및 마킹, 금속 및 유리류의 용접, 금속의 열처리

: CO₂ 레이저, YAG 레이저, 유리레이저, Excimer 레이저

: 반도체 분야의 스크라이빙, 트리밍, 마스크 리페어링, 리소그래피, 레이저에칭

: YAG 레이저, Excimer 레이저

: 특수 결정분야의 Optical CVD

: Excimer 레이저

통신분야 : 광통신 (광섬유+반도체 레이저+반도체 광다이오드) WDM

: GaAs 단파장레이저, InP 장파장레이저

의료분야 : 치료분야에는 레이저 메스, Coagulator, 레이저 쇄석기

: CO₂ 레이저, YAG 레이저

: 진단분야 혈류속도측정

: 아르곤 레이저

군사분야 : 무기

:CO₂ 레이저
 에너지 분야: 핵융합, 원소분리
 :CO₂ 레이저, Nd : Galss레이저
 토목분야: 수준기, 수직 liner
 :He-Ne 레이저
 기 타 : Display
 :He-Ne 레이저, Ar 레이저, He-Cd 레이저, RGB레이저

화학 반응 가공 (저온가공)
 · 분해 (용발; Ablation) : Bond-Breaking-제거 가공, 표면처리 가공 (Coating, CVD)

(2) 가공재료에 따른 분류

비금속 가공
 · 목재 가공
 · Polymer : 플라스틱
 · 고무
 · 유리, 수정, Diamond
 · Ceramic

금속 가공

· 철 계통
 · 비철 및 합금 계통

[4] Laser System Engineering

1. LASER 가공의 종류

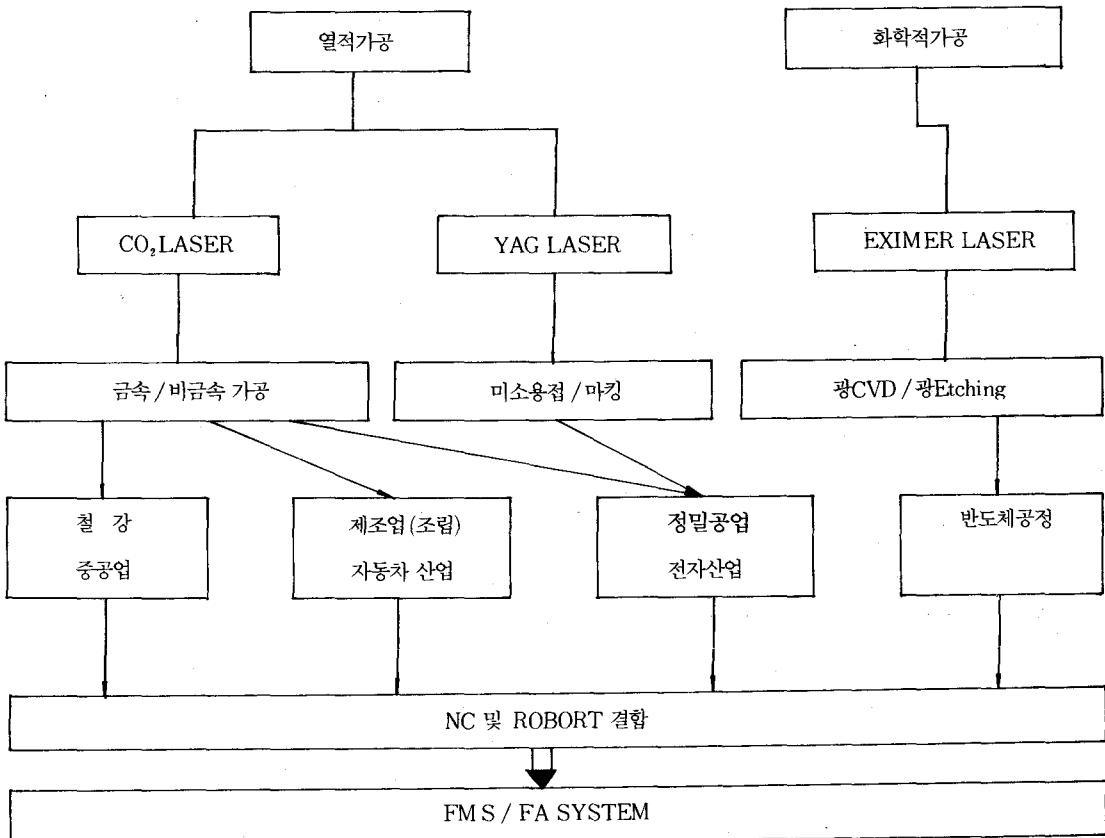
(1) 가공 방법에 따른 분류

열적 반응 가공 (고온가공)

- 가열 (달금) : Heating-표면처리 가공, 열처리 가공 (담금질)
- 녹임 : Melting-부가 가공 (용접)
- 증발 : Vaporization-제거 가공 (절단)

2. LASER 가공기의 응용영역

(1) Laser 가공 응용영역



(2) LASER 가공의 필요성 및 기존 가공기와 비교

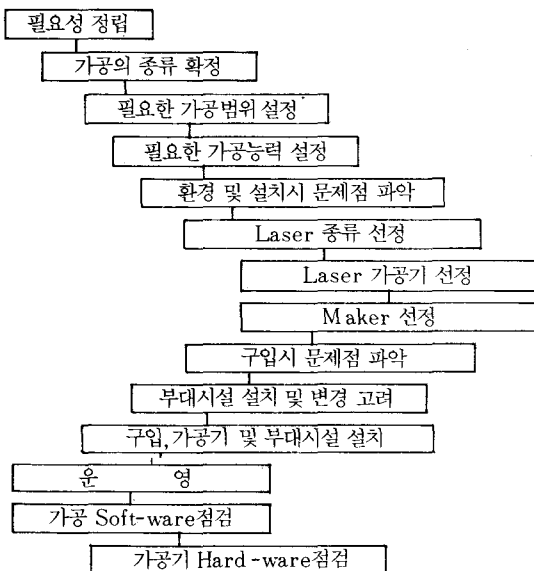
구분	장 점	단 점	기존가공기
절단	금형 불필요 빠른 설계 변경 공구 비용 없음	높은 설치 비용 두꺼운 절단 한계	Punch Press EDM NC Miller Water Jet 등
용접	빠른 속도 좁은 용접부위 이중 급속 용접	높은 설치 비용 용접 두께 한계 일부 급속 어려움	TIG Resistance Electron Beam
마킹	비접촉/연구적 빠른 속도/연속 자동화/저 유지비	높은 설치비용 제한한계	Ink Jet Stamping

<필요성>

1. FA / FMS 용이하다.
2. 비접촉 가공
3. 적은 Kerf
4. 작업 환경조건이 어려운 가공
5. 주위 환경조건이 어려운 가공
6. 일반 가공이 어려운 가공
7. 열 변형을 극소화 해야 하는 가공
8. 급속 가열 가공
9. 특수 가공

3. 설치 및 환경조건

(1) Laser 가공기의 선택 및 운영 방법



A. LASER 가공기의 필요성

1) 비접촉 가공

- ① 피가공물에 힘을 가해선 안될 조건
- ② 가공중 재료의 변형이 안되어야 할 조건
- ③ 청결이 유지되어야 할 조건
- ④ 공구의 마모방지 조건

2) 작업 환경조건이 어려운 가공

- ① 진공 상태에서 가공할 조건
- ② 특수 gas 상태에서 가공할 조건
- ③ 투명한 재료를 투시하여 외부로부터 가공해야 할 조건

3) 주위 환경조건이 어려운 가공

- ① 주위에 진동을 주지 않고 가공할 조건
- ② 주위에 소음을 주지 않고 가공할 조건

4) 일반 가공이 어려운 가공

- ① 고강도 재료 가공 : Diamond, Ceramic, Quartz
- ② 고용점 재료 가공
- ③ Kerf가 0.1mm 이하 가공

5) 열 변형을 극소화해야 하는 가공

- ① 열 변형이 극히 작아야 할 가공
- ② 잔류 응력이 극히 작아야 할 가공

6) 급속 가열 가공

- ① 급속히 $10^7 \sim 10^8$ W / cm²의 고밀도 power 가공

7) 특수 가공

- ① 이 급속간의 용접 : 구리+철
- ② 결정 성장 (Saphire, Silicon ribbon)
- ③ CVD (Chemical Vapor Deposition)

8) 공장의 자동화

- ① FMS (Flexible Manufacturing System)이 필요한 공정
 - a. 한 system으로 여러가지의 가공을 하고자 할 경우
(절단 or 용접 or 열처리)
 - b. 한 system으로 동시에 같은 가공을 다수 가공하고자 할 경우
(절단 and 절단……, 용접 and 용접……)
 - c. 한 system으로 동시에 다수의 여러가지

가공을 하고자 할 경우

② Local Area Network에 의한 CNC 운영이 필요한 공정

9) 생산성이 요구되는 가공

- ① 다 품종 소량 생산이 요구될 경우
- ② 시장의 Life-time이 짧은 제품의 생산시
- ③ CAD / CAM에 의한 급제조가 요구될 경우

B. 가공의 종류 확정

1) 재료 제거 가공

· 절단 (Cutting)

금속-강판, 합금, 복합재료

비금속-Ceramics, Plastics, 고무, 유리, 종이, 섬유

· 구멍뚫기 (Drilling)

금속-금속판

비금속-고무, Diamond, Sapphire, Ceramics 압석, Plastics

· 마이크로 가공

금속-Trimming, Mask-repairing

비금속-Scrubbing

· 클리닝 (Cleaning) : 표면의 기름 제거, 흙 제거

2) 부가가공

· 용접 (Welding)

금속-금속간 용접, 마이크로 용접

비금속-Ceramics 용접

· 증착 (Deposition) : CVD, Coating

3) 표면 처리

· 담금질 (Annealing)

금속-표층부 / 국부적 담금질

비금속-반도체 표면층 결정성 향상

· 글레이징 : 10°C / S의 급냉으로 비결정화

· 얼로잉 (Alloying) : 합금층 형성

4) 기타

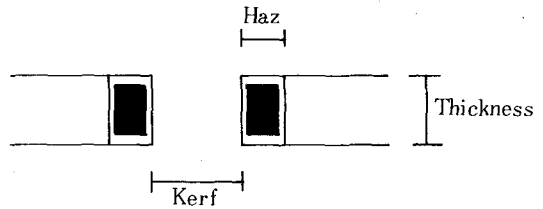
· 결정성장 (Grawing) : Sapphire, Silicon, Diamond Ribbon

· 선긋기 : Optical fiber

· 건조 : 인쇄 잉크의 고속건조

C. 필요한 가공범위 설정

1) 재료 제거 가공



1. 가공하고자 하는 재질 종류의 범위 결정 - What materials?

2. 가공의 두께 (thickness)의 범위 결정

3. Kerf의 크기의 정도 결정

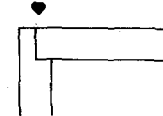
4. 열변형층의 크기 결정

5. Tolerances의 허용 범위 결정

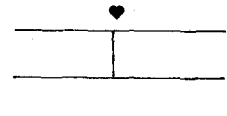
Kerf Tolerance - 0.1 ~ 0.2 Kerf

2) 용접 가공

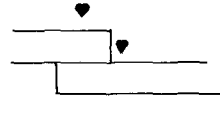
Corner joint



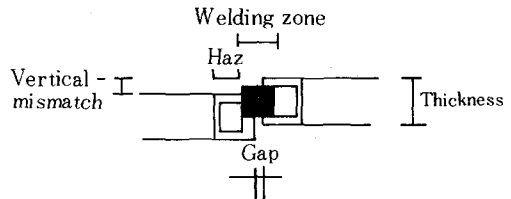
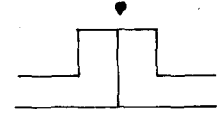
Butt joint



Lap joint



Edge joint



1. 가공하고자 하는 재질의 종류의 범위 결정 - What materials?

2. 가공의 두께 (thickness)의 범위 결정

3. Welding Zone 크기의 정도 결정

4. Welding Penetration의 크기 결정

5. 열변형충(Haz)의 크기 결정
6. Tolerances의 허용 범위 결정

Gap ... 0.1 - 0.25T
 Vertical mismatch... 0.25T

3) 필요한 가공능력 설정

1. 필요한 가공 능력 결정 m/분
2. 필요한 가공기의 정도 결정
3. 가공비용의 상한선 결정
4. 운영비의 상한선 결정

D. 환경 및 설치시의 문제점 파악

- 1) 확보 가능한 장소 결정
- 2) 확보 가능한 공간(Space)의 크기 결정
- 3) 주위의 환경 조사
 1. 공급전원의 크기 - Voltage, Current, Phase 수
 2. 공급수(물)의 량
 3. 지반의 상태
 4. 주위에서 발생되고 있는 진동의 크기 및 진동수
 5. 주위의 청결상태
- 4) 설치시 운반의 어려움 정도

E. LASER의 종류 선정

(1) Laser 선정

- 1) 가공시 주된 피가공물의 가공에 적합한 Laser 결정

적합성은 피가공물이 갖는 Frequency의 공명 영역(Resonant Band) 안에 발진 파장을 갖는 Laser(Band의 중심에 가까울 수록 보다 적합)

- 2) 선택된 Laser들의 현재 판매되는 최대 Output Power의 크기 검토
- 3) 주된 가공의 최대 필요 Power 결정
- 4) 2)와 3)에 적합한 Laser 종류 선정

(2) 발진 Mode의 선정

가공의 종류 파악 Laser의 발진 Mode 선정
 절단 - TEM, Quasi-TEM..

용접 - few Multi-mode

표면처리 - more Multi-mode

(3) Pulse 발진의 유무 선정

가공의 종류 파악 Laser의 Pulse 발진 유무 선정
 두꺼운 절단, 열 변형에 약한 재질(유리)

F. LASER 가공기 선정

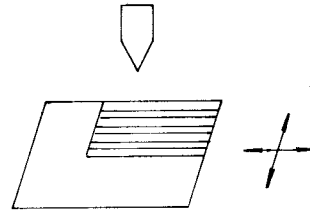
[1] Working station의 방안 결정

(1) 가공시 Control이 필요한 Axis 수 결정

- 1) 동일 장소 가공의 피가공물 - 1 Axis
- 2) Wave가 없는 평면 피가공물 - 2 Axis
- 3) Wave가 있는 평면 피가공물 - 3 Axis
- 4) 입방면체 피가공물 - 4 이상 Axis, Robot 이용

(2) Working 방법 결정

- 1) Table-Moving Method

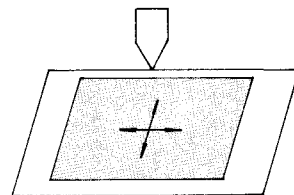


1. Moving Area가 Table Area의 4배

2. Low mass & Small size 가공물의 가공 적합

3. 가공 정도 : Excellent

2) Object-Moving Method

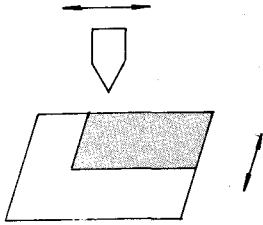


1. Moving Area가 Object Area의 4배

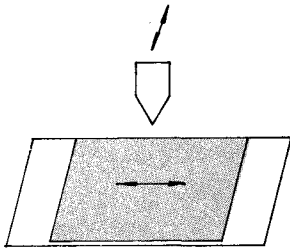
2. Low mass & Large size 가공물의 가공 적합

3. 가공정도 : Lowest Good

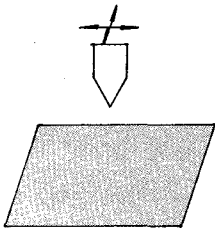
3) 1 Axis Table-Moving & 1 Axis Beam-Moving Method



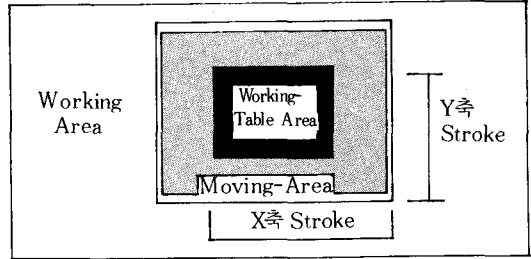
1. Moving Area가 Table Area의 2배
 2. Medium mass & Large size 가공물의 가공 적합
 3. 가공 정도 : Very Good
- 4) 1 Axis Object-Moving & 1 Axis Beam-Moving Methode



1. Moving Area가 object Area의 2배
 2. Low or Medium mass & Large size 가공물의 가공 적합
 3. 가공 정도 : Lower Good
- 5) Beam-Moving Method



1. Moving Area가 Table Area와 같음 : Space 경제적
2. High mass & Large size 가공물의 가공 적합
3. 가공 정도 : Good



(3) Working Table의 크기 및 Stroke & Feed rate 결정

1) Table의 크기 결정

가공이 필요한 피가공물의 최대 Size를 하한선으로 결정

2) Axes Stroke 결정

Moving Area의 크기로 하한선을 결정

3) Feed rate 결정

1. 피가공물의 최대 Mass 결정

2. 최대 가공 속도 (Feed rate) 결정

· Moter의 크기 선정

· Ball screw의 Diameter 및 Pitch 선정

3. 가공의 정도 결정

· Moter의 Servo (Feed-back) 유무 선정

4. curve 가공 및 Feed rate Control 유무 결정

· CNC의 Capacity 선정

5. Control Axes의 수 및 Control의 정도 결정

· CNC 선정

(4) 가공물의 Clamping 방법 결정

1. Moving 시 가속 및 감속될 때 위치 이탈 방지

2. Assist Gas (보조 개스)에 의한 이탈 방지

(5) Table 지지면 결정

1. 면의 정도 선정

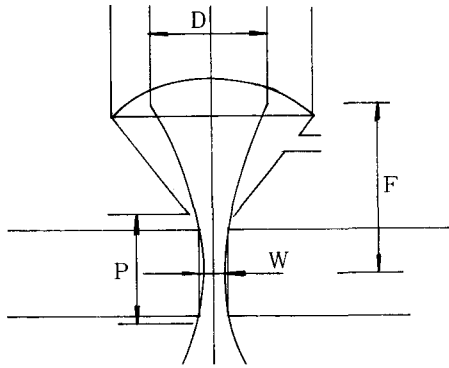
2. Laser beam에 의한 피해가 적고 Mass를 충분히 지지할 수 있는 구조

· Pin Pole Method

· Honeycomb

[2] FOCUSING MOUNT & NOZZLE 결정

(1) Focusing MT 결정



- 1) Lens의 재질, Type 및 초점거리 결정
 1. Laser의 발진과장에 투명하고 단단한 재질
 CO₂ Laser-Ge

GaAs

ZnSe-Visible light 투과

YAG Laser-SiO₂

2. Focusing Lens의 Type 결정
 Cutting (Single-mode)-Miniscus type
 Welding (Multi-mode)-Plano-Convex type

3. Focal length(F) 결정

- ① 필요한 Beam Waste Diameter(w) 결정
 · $w=0.7 \times (\text{필요한 Kerf})$
 ② 필요한 Focal depth(d) 결정
 · $d=(1.0 \sim 1.5) \times \{\text{절단 두께}(T)\}$
 · $d=1.0 \times \{\text{용접 깊이}(Penetration=P)\}$

- ③ w,d의 값을 고려 F 결정

$$w = \frac{1.22\lambda F}{D}, d = \frac{\lambda F^2}{D^2}$$

일반적 D의 값은 CO₂ Laser

*Cutting-용-10~15mm

Welding-용-15~25mm

YAG Laser - 5~8mm

F' (<<m)와 F'' (<<d) 값을 적당히 고려하여 F 결정

- ④ 특히 w 값이 작아야 할 경우 D를 변화 결정

· Collimator

[2] NOZZLE 결정

- (1) 보조가스 종류 결정

일반 절단-O₂(산소), Air

강산화성 절단-N₂(질소), Air, He, Ar,
 He+Ar

용 접-N₂(질소), Air, He, Ar, He+Ar

- (2) 보조가스의 유량 결정

- 절단의 두께 고려
- 용접의 깊이 고려

- (3) Nozzle 형태 결정

절단시-Kerf에 침속되도록 선정

Drilling시-Hole에 Collimate되도록 선정

용접시-Welding zone에 확산되도록 선정

G. MAKER 선정

- (1) 상기 사항 재검토

- (2) 각 Maker에 Quotation 및 Catalogue 수집

Reference : Laser Buyer's Guide

<선정시 고려할 점>

- 1) Maker의 Laser 가공기 System의 구성상태

A 구성안 LASER + W/T

· Laser Maker 구성

B 구성안 LASER + W/T

· W/T Maker 구성

C 구성안 LASER + W/T ; A/S 편리

· Laser & W/T Maker 구성

D 구성안 LASER + W/T ; A/S 불편

· System Engineering Maker 구성

- 2) Price 및 Delivery

- 3) 국내 / 국외 Maker

· 판매 품목 및 판매대수 고려

- 4) Option 사항의 대책

option 품목이 없을 때 올 문제점 및 대책안 문의

예) Chiller, Gas Recycle-unit (Catalyst 내장)

- 5) After Service의 Maker 방안 검토

1. A/S의 기간

2. A/S의 범위

3. A/S의 조건

4. A/S시 연락장소

5. A/S의 처리기간 및 배상