技術解說

# LASER

朴 炳 哲*
(Park, Pyong Chull)

## 1. 序 論

Laser의 Idea를 第一먼저 提議한 사람은 C.H Townes敎授(1958年)였다. 2年後 Theodore Maiman에 依해서 첫 Ruby Laser가 만들어졌고, 그 後부터 Laser의 發展은 눈부신 바 醫學및 産業에서 그리고 科學的 測定에까지 適用할 수 있도록 되었다.

1964年에 Townes敎授는 이 分野의 先驅的 硏究로 Nobel賞을 共同受賞한바 있다.

다음은 Laser의 槪念의 理解를 돕기 爲하여 簡單히 몇가지로 나누어 說明코저 한다.

(Laser: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

## 2. Laser의 基礎

a) 負溫度의 物質

熱平衡狀態에 있는 物質과 電磁波를 서로 作用시키면 物質은 電磁波를 吸收한다.

即 이 作用은 物質을 構成하는 系의 Energy準位의 遷移 $W_1 \leftrightarrow W_2 (W_1 < W_2)$를 일으켰기 때문인 것이다.

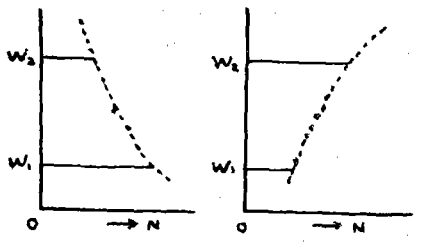



그림 1

普通의 平衡狀態의 物質은 그림 1 (a)와 같이 반드시 $W_1 < W_2$이면, $N_1 > N_2$(N: 分子數)이다. (熱平衡狀態) 萬一 어떤 方法으로 그림 1(b)와 같이 $N_1 < N_2$(負溫度狀態)가 되게하면 波(빛 또는 電磁波)는 이러한 狀態의 物質을 지나가면서 그 波의 振幅이 增幅된다. (그림 2)

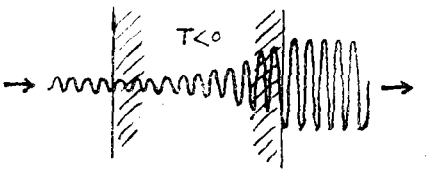



그림 2

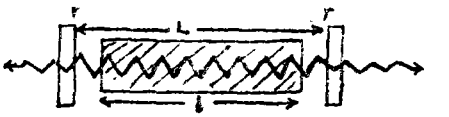



그림 3

지금 그림 3과같이 媒質의 길이를 $\ell$ 및 $\omega_{12}$를, 增幅을 可能케 하는 條件을 滿足토록 하고 또 잘 反射하는 서로 平行인 두 反射鏡의 사이에놓으면 한번 빛이 媒質中을 通過하므로써 거울의 損失을 上廻하는 利得을 얻을 수 있으므로 빛이 거울사이를 往復하는사이에 漸漸 振幅은 커진다 (發振) 이것은 從來의 發振과 다른點이다.

b) 負溫度의 發生法

3個의 Energy準位 $W_1, W_2, W_3$를 갖는 熱平衡狀態에서는 系의 分布는 그림 4(a)와 같다.

이 系에 $W_3 - W_1 = h\omega_{31}$을 滿足하는 周波數 $f_{31}(\omega_{31} = 2\pi f_{31} : W_1 - W_3$에 共鳴하는 周波數)의 電磁波를 外部로부터 勵起한다(이 作用을 Pumping

*光云工科大學 電子工學科

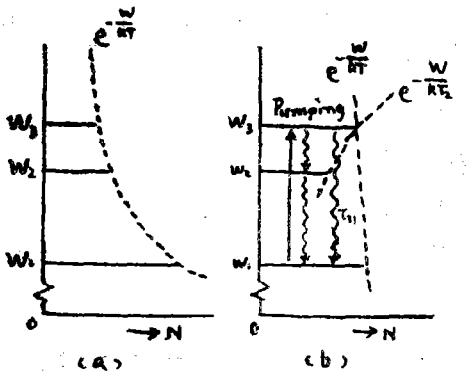



그림 4

이라 한다) 이 Pumping을 充分히 强하게하면, 그系의 分布는 平衡狀態에서 벗어나 $W_3$狀態로 分布되는 系의 數 $N_3$가 增加하고, 한便 $N_1$은 減少한다. 그래서 $N_3>N_2$ 또 $N_2>N_1$의 狀態로 만들수 있다.

## 3. Ruby Laser

여러가지 Laser 가운데 基本的인 Ruby Laser에 對해서만 말하기로 한다.

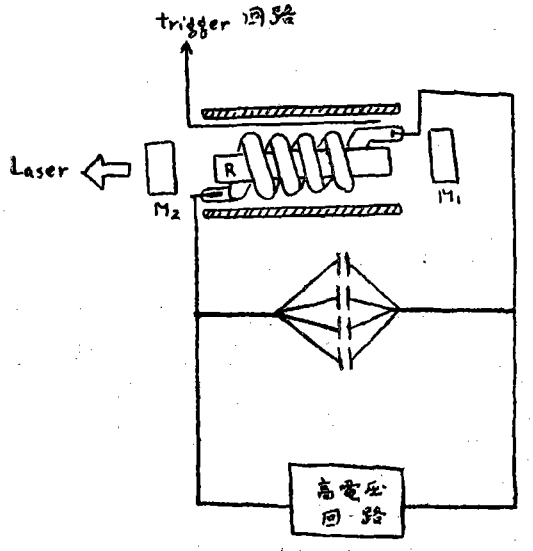



그림 5

Ruby는 Sapphire($Al_2O_3$)의 結晶속에 $Cr^{3+}$가 適當量이 들어있는 것을 말하며 Laser用에 쓰이는것은 $Al^{3+}$에 對해서 約 0.05% (重量)의 $Cr^{3+}$가 들어있는 핑크色의 것이다. (現在 直徑이 約 20 mm, 길이 20cm程度의 것까지 製造可能)

常溫에서 綠色, 靑色의 Pumping光을 잘 吸收한다. Ruby 結晶은 常溫에서도 熱傳導는 좋은 便이나 冷却함에 따라 熱傳導度는 增加하여 液體窒素溫度(77°K) 附近에서 最大가되며, 이 近處에서의 Ruby의 熱傳導度는 銅의 熱傳導度의 約 2倍가량이 되며, 따라서 冷却은 簡單히 빨리 된다. 그림 5는 라선狀 放電管을 쓴 Laser裝置의 槪念圖이다.

放電管에는 普通 Xenon(Xe) gas入의 것이 쓰이고 있다. 라선狀 放電管은 그 속에 Ruby를넣기에 支障이 없을程度로 徑을 적게하고 그 外部는 表面反射率이 높은 圓筒으로 덮으면, 能率的인 Pumping을 할 수 있다. Ruby 結晶의 막대의 兩端에 反射膜을 붙이거나 또는 Ruby의 밖에 平行平面反鏡을 놓아 光學共振器를 形成하고 放電管에는 Condenser에서 貯藏했던 電氣 Energy를 주어 放電을 일으키게하여 그러므로 생기는 빛에 依해서 Pumping을 하면 쉽게 發振이 된다

## 4. Laser의 特徵

a) 長 點

i) 普通, 簡便한 크기의 거울이나, 렌즈로도 回折에 依한 損失이 거의 없고, 反射, 屈折, 集束等을 할 수 있으며, 回折에 依한 分散도 아주 적다. 그리고 아주 적은 Spot(例를 들어 直徑이 約 1$\mu$程度)을 만들 수 있다.

적은 Spot에 Energy를 모은다는 것은 그만큼 높은 Energy密度의 放射를 받을 수 있다는 뜻이다. (例 出力이 1W인 Laser를 直徑 1$\mu$로 줄일 때 Energy 密度는 $10^8 W/cm^2$ 程度의 크기가 된다.)

ii) 從來의 光源에서 放出되는 光子는 自然放出에 依한 것뿐이었으므로 各光子의 位相은 서로 不規則했다. 그러나 Laser는 誘導放出에 依한 增幅作用이므로 出力은 Coherent하며 Spectrum도 아주 Sharp하여, Micro波나 Radio波에서의 發振器의 出力과 基本的으로 同一하다.

b) 短 點

i) 周波數가 높으므로 自然放出이 强하여 雜音의 Level이 높다.

ii) 共振周波數가 서로 密接해서 遷移의 Spectrum線의 幅속에 여러個의 共振 Mode가 들어간다.

c) Coherence

i) 空間內에서의 모든 點의 位相의 순간적인 相互關係를 말할 때 空間的 Coherence라 말하며

ii) 時間의 全體에 걸쳐 이웃하는 두 點 사이의 位相이 調和된 相互關係를 가질 때 時間的 Coherence라 하며 그림 6 및 그림 7과 같다.

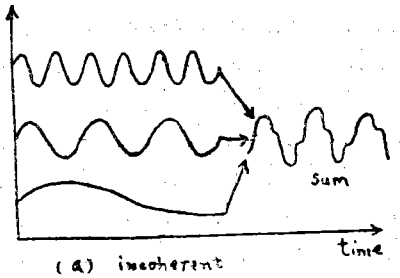



그림 6 時間的 coherence

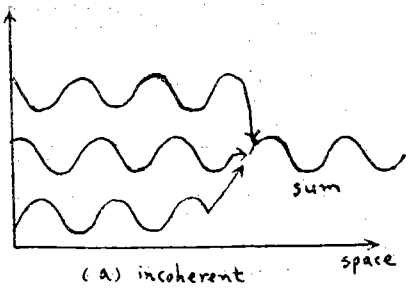
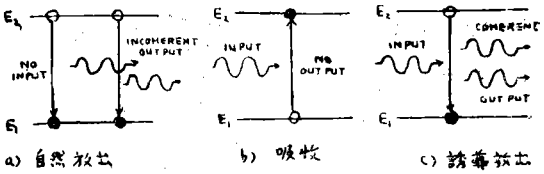



그림 7 空間的 coherence




a) 自然放出 b) 吸收 c) 誘導放出

그림 8

## 5. Laser의 여러가지 形의 例

a) 固體 Laser
  i) Ruby Laser
  ii) Glass Laser
  iii) YAG Laser
  iv) 기타의 Ion結晶 Laser
b) Q Switch Laser
c) Gas Laser
  i) He-Ne Laser
  ii) Argon Laser
  iii) $CO_2$ Laser
d) 半導體 Laser
  i) 注入形 半導體 Laser
  ii) 電子線 勵起形 Laser
  iii) 光 Pumping Laser

등을 들 수 있으며, 그 各各에 對한 것은 紙面上 省略키로 한다.

## 6. 結 論

i) 光波通信은 Micro波의 周波數보다 約 $10^4$ 程度 높은 것이므로 Micro波때와 같이 增幅, 復調, 發振, 變調, 送信, 搬送, Heterodyne 受信等을 할 수 있으므로 아주 많은 Channel을 갖는 通信을 할 수 있다.

ii) Micro波와 比較해서 아주 輕量의 것으로도 指向性, 距離測定精度가 높고, 人工衛星에 탑승시키기에 좋다.

iii) 치수가 적으므로 電子計算機의 素子에 適合할 것이고, 새로운 論理素子의 開發이 可能할 것이다.