

레이저 工學의 研究現況과 展望

李 相 洙
(韓國科學技術院 教授)

■ 차 례 ■

- 1. 緒 論
- 2. 時間領域에서의 레이저工學的 利用
- 3. 空間領域에서의 레이저 工學的 利用
- 4. Frequency Domain에서의 레이저 工學的 利用
- 5. Power와 Intensity의 工學, 醫學的인 利用
- 6. 結 論

① 緒 論

Laser 라는 낱말은 light amplification by stimulated emission of radiation 이라는 物理的인 輻射過程을 뜻하나, 오늘날 이 낱말은 레이저 光波를 出力으로 내는 裝置를 뜻하기도 한다. 이들에 關한 科學的 研究의 結果를 우리들의 生活에 實用하는 藝術的인 創意的 表現이 바로 技術이고, 이 技術이 體系化되고, 學問化된 것이 바로 工學이다. 레이저에 關한 科學的인 研究가 活發하게 進行되어왔고 大宗을 이루는 問題들이 많이 究明되었기 때문에 工學的인 接近이 이미 많이 이루어져있음을 周知의 事實이다. 이들을 展望하여 보고, 將來를 바라다 보는 우리들의 발판을 다진다는 뜻으로 이 글을 쓰고자 한다.

수世紀의 後半에 이르면서 우리는 重要的 科學技術의 發展을 이루었다. 原子核의 分裂과 融合을 利用하고, 半導體素子를 開發하고, 核酸構造를 알아내고, 物質의 基本粒子에서 quark를 發見하고 드디어 레이저를 發見하고 實用하게 되었다. 우리들의 人間社會는 마치 聖經에 있는 創世紀에서 빛으로써 宇宙의 秩序가 이루어 진것과 같이 레이저를 多樣하게 우리들의 生活에 利用함으로써 우리들의 人間社會의 未來가 레이저 빛으로 밝게 照明되고 있는 것과 같다.

우리는 흔히 세가지 基本粒子—電子, 光量子 및 中性微子 (nutrino) —를 人間의 情報를 搬送시킬수 있는 基本粒子로 생각하고 있다. 그 가운데서 中性

微子에 關한 實驗들은, 아직 希望을 안겨다 주지 못하고 있고, 오직 電子와 光量子가 利用되고 있으며, 앞으로 레이저 光波의 光電子를 利用함으로써 電子로 이룰 수 없었던 것을 이룰 수 있게 될 것으로 생각된다. 여기에 레이저 工學的 至大한 使命과 레이저 工學者가 큰 努力을 傾注하여야 할 理由가 있다고 생각한다.

레이저의 工學的인 利用은 크게 나누어서 다음 네 가지로 分類된다. 즉

- ㄱ) 時間領域 (temporal domain)에서의 利用
- ㄴ) 空間領域 (spatial domain)에서의 利用
- ㄷ) 振動數領域 (frequency domain)에서의 利用
- ㄹ) Power (出力)와 intensity (強度)의 利用으로 分類된다.

② 時間領域에서의 레이저工學的 利用

2-1 光通信과 光纖維

光섬유를 利用하는 光通信은 PCM通信이고, 信號는 digital化되어 있다. 이 通信方法에다 wavelength division multiplexing (WDM)方法을 곁드려 할때 通信回線數는 다시 크게 增大된다. 오늘날 흔히 쓰이는 레이저의 利得線幅은 1GHz 이고, 單一縱모드 發振振幅은 10 MHz의 정도이니, 쉽게 10² 倍의 通信容量의 增加를 期待할 수 있다. 이 WDM 方法은 精巧한 干涉필터 (interference filter) 技術을 필요로 한다.

現在 쓰이고 있는 光纖維는 單一모드 섬유, 多重

모드 纖維가 다같이 圓形의 斷面을 지니고 있으므로 入力平面偏極의 情報은 消失되고 만다. 入力平面偏極의 情報가 유지될려면, 光纖維의 斷面이 橢圓 또는 矩形이 되어야 하고, 이러한 섬유에서는 電磁波의 2개의 固有偏極狀態가 존재하여 2배로 通信能力이 늘어난다. 이러한 非圓形斷面을 지닌 光섬유가 많이 연구되고 있다. 또한 非酸化硅素光섬유가 開發되고 있으며, Al_2O_3 -fiber, ZnSe-fiber 등이 흔히 報告되고 있다. 또 特殊한 非晶質 유리로서 fluoride glass 를 쓰는 섬유도 開發되고 있다.

2次元 畫像을 光섬유를 써서 送信하는 데는 이 物體를 $x-y$ 方向으로 走査함으로써 可能하나, 이와 다른 方法로서 frequency modulation 方法이 있다. 이 方法에서는 白熱燈과 슬릿 (slit) 및 分光系를 써서, 物體를 連續스펙트럼과 중첩시킨 다음, 다시 슬릿으로 수렴시킨 후에 planar fiber bundle (平面光섬유 다발)로 入力한다. 이 方法의 短點은 planar fiber bundle을 써야 하는데 있다. 單一섬유를 써서 2次元 畫像을 1회로 送信코져 하는 研究는 흔히 報告는 하고 있으나, 根本的인 隘路點이 解決되고 있지 않다. 位相共軟波를 이용하는 方法이 그러한 問題를 根本的으로 解決할 可能性을 지니고 있다.

2-2 Laser-radar와 Lidar

Laser 去來은 가늘고 또 強力하고, beam divergence ($\sim 10^{-3}$ rad)가 적다. 이 레이저를 써서 laser radar — laser radio-detection and ranging — 의 目的을 이룰 수 있다. Lidar는 laser — radar 보다 더 넓은 뜻으로 쓰이고 있으며, lightilluminated detection and ranging의 뜻이다. 이때 쓰이는 光束은 勿論 레이저光束이 主가 된다.

이 技術의 根本은 레이저 光束이 目標에서 反射또는 散亂되어서 되돌아오는 時間을 測定하는 데 있다. 人工衛星에서 地球表面의 topography를 實施함으로써 至極히 精密한 地表情報를 얻고 있다. 地上에서 먼 곳에 있는 物體까지의 距離를 잴 수 있고, 또 目標의 形態와 이 形態의 時間的인 變化도 觀測할 수 있다. Lidar 技術은 測量, 土木, 地圖作成 (synthetic aperturing) 등에서 利用되고, 또 軍事的으로 利用되고 있다.

2-3. Photonics와 Hish Speed Photography

電子를 制御하는 electronics 에 對해서, 光量子를 制御하는 分野를 photonics 라고 부른다. Photonics 라는 名詞을 最初로 쓰기 시작한 部門은 高速

像處理技術 分野이며, 그들의 國際會議가 바로 ICHSPP (International Congress on High Speed Photography and Photonics)이다. 10^{-3} sec 정도의 高速現象은 普通 高速 camera로 얻을 수 있고, 10^{-6} sec 정도의 高速現象은, rotating prism과 multiple lens를 써서 He-媒質 안에서 사진 찍을 수 있고, 10^{-9} sec 정도는 electro-optics 장치 (Kerr效果, Pockels效果등을 이용)에서 얻는다. 10^{-12} sec (pico-sec) 정도 또는 10^{-15} sec (femto-sec) 정도의 高速現象은 보다 特殊한 方法을 쓰는데, 이때 펄스 레이저 出力을 shutter로서 이용한다.

例로서 crossed Nicol 사이에 CS_2 용액상자를 세우고, 여기에 偏極된 pico-sec의 YAG-Laser pulse를 쪼이면, 分子들이 레이저 波動的 電極方向으로 羅列함으로써 Kerr效果와 같이 複屈折 (bi-refringence)을 이룬다. 이리하여 pico-sec동안만 crossed Nicol를 物體波가 通過할 수 있게 한다. 이로서 우리는 pico-second의 瞬間現象의 映像을 記錄할 수 있다. 高速像處理技術은 科學, 技術이 發展함과 同時 平行해서 發展되고 있는 重要한 레이저工學의 한 部門이다.

2-4 Bistability(双安完性)光增幅素자와 光計算機

레이저의 出現과 더불어 optical computer 또는 coherent computer의 研究가 많이 進行되게 되었는데, 이 computer는 series operation (on, off and or)과 parallel operation (2次元面積計算을 한 動作에서 하는 일)로 區分되며, optical computer의 特徵은 parallel operation을 할 수 있다는 데 있다. Series operation은 레이저 光束을 써서 더욱 빠른 速度로 on, off and or 動作을 할 수 있다는 데 있다. 이 方面에 optical bistability가 많이 研究되고 있다. GaAs에서 rising time이 빠른 bistability가 發見되고, InP에서 느리기는 하나 역시 bistability가 發見되었다. 이러한 bistability는 여러가지 物質에서 發見되고, 研究되고 있고, 심지어 optical levitation과 Fabry-Perot干涉計를 이용하는 機械的인 方法도 報告되고 있다.

Optical computer로서 光 transistor가 InP半導體를 써서 epitaxy 方法으로 日本에서 製作하는데 成功되었다고 얼마전에 新聞紙에 報道된 바 있다. 原理的으로 보아서 레이저에서 信號를 增幅할 수 있으나, 實地的으로는 쓸 수가 없다. 진짜로 transistor와 꼭 같은 信號 增幅의 機能을 갖게 하기가 어렵다. 이 素자가 實現되었다면, 한쪽으로 入力한 信

號가 InP diode laser 의 出力口에서 增幅된 光信號가 나오게 되어, optical computer 의 實現이 더욱 가까워졌다고 말할 수 있다. 우리나라의 epitaxial crystal growing 기술이 아직 未及하여, 아쉬움이 많다. 여기서 time domain 에서의 레이저 工學의 利用을 마치겠다.

③ 空間領域에서의 레이저工學의 利用

3-1 Coherent information Processing

여기서 information 란 空間領域의 情報로서, 畫像處理, 畫像通信등에 關한 技術이 coherent optics 또는 Fourier optics 를 바탕으로 크게 發展하고 있다. 例로서 不完全한 렌즈로 寫眞像을 얻었을때, 이 사진像을 再處理에서 完全한 像을 얻는 일이 바로 coherent image processing 의 한 課題이다. 그 뿐만 아니라, pattern recognition, image subtraction, image addition page, transmission and reception 등이 이 技術分野에 屬하며, 通信, computer science 系統의 工學者들이 많이 寄與해야 할 分野이다. 이 分野에서 가장 많이 쓰이는 數學的 方法이 바로 Fourier transform, convolution 및 correlation 로, time-domain 과 frequency domain 사이의 Fourier transform 에 익숙한 通信系統 技術者나 工學者가 쉽게 다룰 수 있는 分野이다. 다만 holography 에 關한 物理를 追加로 理解해야 할 것으로 생각한다. 이 分野에서 Pockels 効果나 photo-refractive effect 를 이용하는 real time image processing 이 오늘날의 研究의 초점이 되고 있다.

3-2 非破壞檢査

Laser 를 이용하는 NDT (non-destructive testing) 은 現在 國內에서 거의 이용되고 있지 않고 있다. 研究對象 때문에 그러한 處地에 있는 것으로 아나, 주로 X-ray 나 γ -ray shadowgraphy 를 하고, acoustic emission 과 ultra-sonic detection, eddy-current technique 등이 쓰이고 있다. 그러나 精巧한 對象物體로서 (例 生物體의 細胞, 時計内部의 駆動장치등) 그야말로 NDT 를 해야 할 경우 레이저 光波를 쓰는 것이 좋다. Laser NDT 는

ㄱ) Holographic NDT,

ㄴ) Speckle NDT,

의 두가지 方法이 있다. 양쪽모두 2重露出을 시키되,

ㄱ) 에서는 2개의 再生波사이의 干涉무늬를 얻고,

ㄴ) 에서는 Fourier transform 을 取하는데 差異가 있다. 精密機械 工學分野에서 일하는 專門家들의 關心事가 되야 할 NDT 方法이다.

3-3 干涉計測

Laser 光波의 높은 degree of coherence 를 이용하여, 여러가지 정밀 計測을 施行할 수 있다. 그 利用分野를 일일이 例를 들 수가 없을정도로 多樣하고, 경우에 따라서 裝置와 檢出方法에 差異가 있겠으나, 充極的으로는 fringe counting (干涉무늬를 時間과空間 發標에 對해서 세는일)이라 하겠다. 干涉計測의 極致를 이루는 일은 ruling engine 에서 볼 수 있다. 이 機械는 optical grating (光學格子)를 만드는 機械로서, 亞細亞地域에서는 日本에 있는 日立會社가 1臺 保有하고 있다. 이 ruling engine 에서 格子間隔 0.2 μ 까지, diamond boat blade 를 써서 線을 긋는데, 그 길이가 美國 Arizona 大의 시설의 경우 30cm 에 이른다. 이 機械裝置는 勿論 完全하게 振動을 없앤 건물에서, He-Ne 레이저光束으로 制御되고 있으며, 動作時에는 接近할 수 없게 隔離된다.

그리고 高度로 精密性을 必要하지 않는 경우에, 族盤制御가 있다. 이때 He-Ne laser 를 磁場속에서 動作시켜서 두개의 圓偏光(Zeeman 效果로 左旋性, 右旋성이 됨)을 出力으로 얻어서, cutting tool 의 進行速度와 進行거리를 制御한다. 이때 micro-processor 에 있는 disket 에다 加工指示를 넣어둔다.

이 以外에 干涉計測은 近來 광섬유를 이용하는 溫度, 壓力의 測定에서 이용 된다.

3-4 Optical Memory, CD, VD, Bar Code 및 Laser Printer

Laser 光束을 써서 audio 電蓄을 만들어서, 外國에서 큰 盛況을 이루고 있다. 이때 compact disc (CD) 위에 레이저光束을 走査하고, CD-板(plastic 製品이고, maker 마다 表面구성이 自體의으로 開發되어 있음) 위에는 깊이가 $\frac{\lambda}{4}$ 인 홈이 파져 있고, 돌아가면 (constant velocity 型과 constant angular velocity 型이 있음), detector 에서 digital 信號를 받게 되어있다. 音質이 좋고, 雜音이 없다 해서 流行인 것으로 생각 된다. VD는 TV用 video-disc 로서 原理는 거의 같으나 홈사이의 거리가 더욱 複雜하게 program 되어 있다. 그 이유는 홈을 記錄할때

TV用 VHF 振動數로 記錄할 수 없기 때문이다.

近來 optical memory 즉 光메모리가 重要視되고 있다. Magnetic tape 를 完全히 代替할 수는 없다. 그 理由는 RAM type 가 아니고, ROM type 로만 쓸 수 있기 때문이다. 그러나 近來 magnetic tape 가 tape library 에 倅차게 되고, 이들이 5年이 되면, 地上의 磁氣雜音과 溫度때문에 磁化가 劣化되여, 다시 지우고 記錄해야 하는 큰 難關에 逢着하였기 때문이다. Optical memory 는 memory density 에서 magnetic tape 보다 10^2 倍 크고, 동시에 水久 記錄이기 때문에 情報貯藏用으로 가장 適切하다. 이 optical memory 는 名함크기의 半이면, 한 個人의 모든 情報를 실을 수 있기 때문에, 장차 이 명함 한장에 銀行去來부터 財産管理一切를 包含시켜서, 出生後 死亡時까지의 모든 社會活動이 記錄될 것이다.

Laser printer 는 在來式 Xerox copy machine 을 越도는, high contrast-noise free photo-copying 를 可能케 하고 있으며 이미 市販 되고 있다. 在來式은 Se 薄膜(photo-conductive) 에다 glow discharge 로 電子를 spray 한 다음에 光學camera lens 로 그위에 物體像을 만들면 빛이 맞은 곳은 photo-conductivity 로 電子가 흘러나가고 나머지 電子가 잡혀있는 부분에 炭粉을 뿌려서 흰종이위에 press 시키고 熱處理로 定着시킨다. 그러나 이때 不可避하게 雜音이 들어와서 印刷物이 깨끗치 못하다. 이 短點을 除去하는 것이 바로 laser printer 로서 camera lens 代身, laser beam 을 Se 板에 走査시킨다. 速度도 빠르고, 印刷가 깨끗하여 不遠間에 크게 利用될 것으로 보인다.

Laser photographic printer가 있다. 우리가 흔히 보는 LANDSAT 위성에 찍힌 서울地域寫真도 laser photographic printer 로 찍은 것이지, 一般 擴大器로 찍은 것이 아니다. 즉 LANDSAT 에서 받은 multi-spectral data 를 Ar-ion laser 의 三原色 出力과 연결시킴으로써 digital optical output 를 天然色寫真乾板위 이르게 하고, 2次元走査한다. 이때 走査速度와 사진乾板위의 beam spotsize 는 乳劑의 grain size, 分解能등에 따라서 決定된다. Optical memory, CD는 물론 laser photographic printer 分野에도 많은 工學者의 寄興가 期待된다.

3-5 大型 Display 장치와 Head-up System

大型 display 장치의 代表로서 영화스크린을 생각할 수 있다. Laser 를 써서, 立體 영화를 보는 날이 올 것이다. 이때 projector 는 hologram film 을 돌

리고, 高出力레이저—Arion laser 로서 立體 天然色 영상을 내게 할 것이다.

市中 大型廣告板도 레이저를 써서 立體感을 줌으로써, 2次元 平面廣告時代를 脫皮할 수 있을 것이다. 아직도 레이저를 쓰는 그러한 裝置가 採算性을 지니고 있지 못하나, 採算性이란 언젠가 解決될 可能性을 갖고 있다고도 말할 수 있다.

小型 display 장치는 高速으로 날아야하는 戰鬥機의 操縱士를 위하여 이미 쓰이고 있다. 操縱士는 앞만 보고 나를 수 있게 모든 航空機의 飛行資料와 指示가 hologram 으로 눈앞에 提供된다.

3-6 位相共軛波의 利用

오늘날 레이저光學의 큰 關心事는 位相共軛波에 있다. 레이저工學者는 位相共軛波를 通信에 利用할 것을 생각 하고 있다.

이 波動은 第3次分極 現象으로, 強한 ruby laser 펄스를 液體에 注射하여 發生시킬 수 있다. 但 이때 4光波混合光學을 써야하고, 特別히 位相整合條件(phase-matching condition)이 充足되어야 한다. 位相共軛波를 쓰면, 現在 筆者의 實驗室에서 實驗하고 있는 바와 같이, 實時間으로 情報 受信이 可能하다. 다시 말해서 釜山에 있는 電話番號簿를 서울에서 레이저光波를 보냄으로서, 서울에서 읽을 수 있다는 뜻이다. 新奇한 일이었으나 近年에 位相電波가 發見되자 그 可能性이 여러 研究室에서 證明되고 있다. 勿論 釜山까지 레이저光波는 單一모드光섬유로 보내야 할 것이고, 이 分野의 연구는 世界的으로 始作된 지 數年에 不遠하기 때문에 레이저工學者가 쉽게 利用에 成功할 것이라는 생각 되지 않으나, 物理學者와 함께 研究해 볼만한 일이라 하겠다.

④ Frequency Domain에서의 레이저 工學的 利用

4-1 Isotope 分離

레이저光波는 銳利한 振動數幅을 지닐 수 있다. 레이저를 單一縱모드로 發振시키면, 色素레이저의 경우 10^1 MHz 의 幅으로 發振시킬 수 있다. 이 振動數幅은

$$\Delta\left(\frac{C}{\lambda}\right) = \frac{C}{\lambda} \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 10^{16} \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 10^1 \times 10^6$$

$$\therefore \Delta\lambda = \lambda \cdot 10^{-6}$$

이고, $\lambda \approx 10^8 \text{ \AA}$ 이니, $\Delta\lambda = 10^{-6} \text{ \AA}$ 이니, $\Delta\lambda =$

10^{-8} Å로, 거의 모든 isotope 効果로 생기는 에너지 準位帶보다 더 細密하다. 즉 同位元素들을 分離시킬 수 있다는 말이된다. Isomer의 경우는 에너지 差가 充分히 크기 때문에, 위의 ΔE 로터는 分離에 足하고도 남는다. 그래서 많은 先進國과 開發途上國家の 科學者와 技術者가 레이저를 써서 isotope이나 isomer 分離를 연구하고 있고 또 많은 同位元素分離에서 成功한 報告가 學會誌에 報告되고 있다. 이러한 研究는 現在 國內에서도 基礎研究로서 연구하는 學者들이 있으나, engineering scale로 할 처지는 못하고 있고, 그러한 scale로 할때에는 레이저 工學者와의 共同研究가 不可缺하겠다.

Isotope나 isomer 分離에는 앞에서 言及한 multi-stage photo-ionization process 말고, multi-photon absorption을 쓸 수도 있다. 例로서, CO₂ 레이저 出力을 分子에 쏘이면 multiple absorption으로 分子 振動이 크게 勵起되어 分子가 깨어지며, 이때 isotopic selectivity가 생기게 마련이다. 平凡하게 말한다면, 強力한 레이저 光束을 分子에 쏘이면, 언제나 同位元素分離 效果가 생긴다고도 말할 수 있다.

4-2 公害測量—大氣 및 成層圈

앞에서 lidar에 關해서 먼 곳에 있는 物體까지의 거리나 meta-morphology를 알 수 있다 하였는데, 이때 出力 레이저 光波의 振動數分析을 함으로써 Raman 效果, 選擇吸收등을 알 수 있다. 따라서 그곳에 있는 公害物質의 分子를 알 수 있다. 이 方法은 remote sensing으로 그곳에 가지 않고, 그곳에 있는 굴뚝이나 排氣筒에서 나오는 公害物質을 알 수 있게 한다.

大氣中에서 公害測定을 할 수 있을 뿐만 아니라, 레이저를 垂直으로 成層圈으로 發射하고, 後方散亂하는 光波를 大型反射膜으로 모아서 spectrometer에 넣음으로서, 成層圈에 축적하는 弗素分子나 航空機 排氣分子를 조사 할 수 있다. 이들 公害分子들은 成層圈에 있는 O₃ (ozon)分子를 파괴함으로서, 地上에 到達하는 紫外線이 增加하게 된다. 人間의 皮膚癌의 原因中의 하나가 過度로 紫外線을 맞는 일이다. 氣象學者들의 關心事가 될 수 있는 分野이다.

4-3 길이와 振動數의 標準

1 meter의 표준 또는 기타 길이의 표준이 우리나라 標準研究所에서 制定된다. 이 meteorology에서 레이저의 利用은 國家産業 發展의 바탕이 된다는 觀點에서 特別한 뜻을 지니고 있다. 오늘날 He-Ne

를 I₂ 分子의 한 (電子準位 + 振動準位)에 共鳴시켜서 發振 시킴으로서, 大端히 銳利한 線幅을 지닌 安定된 出力을 얻을 수 있으며, 이 波長으로서, 1 meter면 1 meter의 길이를 決定한다. 이 He-Ne 레이저의 安定化, I₂ 分子와의 正確한 共鳴등을 이루고, 거리를 正確하게 制定하는 일에 레이저 工學者의 寄與가 있어야 하겠다. 勿論 micrometer 눈금 決定, caliper의 較正등도 레이저 光波를 이용해서 決定될 수 있다. 勿論 레이저 波長이 國際度量衡委員會에서 基準波長으로 決定된 것은 아니며, 그 理由는 바로 레이저 出力波長의 不安定性에 있다. 더욱 出力波長을 安定化시키는 研究가 이루어 짐으로서 많은 레이저가 meteorology에 손쉽게 利用되기를 바란다.

近來 Pbs, Pbse, CdHgSe 등 過去에 奈外線 機 出器로 쓰이는 半導體가 diode laser로 開發되었다. Frequency stability도 좋고, 線幅이 極히늘고, 또 tunability도 넓은 振動數領域에서 可能하게 되었다. 主로 液體 He 溫度에서 이용되고 있으나, 앞으로 meteorology에 이용될 것이고, 나아가서 frequency standardization에도 이용될 수 있을 것이다. 이들의 出力波長은 2 μ ~ 10 μ로서 奈外線領域의 出力을 낸다. 이들을 製作하는데는 GaAs diode laser나 InP diode laser를 만드는 것 보다 더 細心한 注意를 써서 epitaxy growing을 해야 할 것으로 보인다.

4-4 FIR Laser

FIR laser은 far infra-red laser의 뜻으로 CO₂ 레이저의 10.6 μ를 넘어서 數 10 μ乃至 數百 μ에 이르는 波長領域의 出力을 갖는 레이저를 말한다. 이들 레이저는 分子의 廻轉準位사이에서 일어난다. 廻轉準位사이에서 population inversion은 室溫에서도 일어나 있으나 큰 레이저 出力으로 抽出하기가 어렵다. 오직 強力한 optical pumping을 加해 주어야 함으로, 一般적으로 TEA-CO₂와 CW-CO₂를 共振器 안에서 同時에 動作시키는 hybrid-CO₂ 레이저가 쓰인다. 이때에 얻는 單色(例 P(20) line)이고, 強力한 pulse 出力을 分子에 쏘이되, 이때 기체용기는 共振器를 이루게 하고, 또 tunability를 주기위해서 흔히 Stark electrode와 Zeeman 磁極을 주위에 設置한다. CH₃F, CH₃Cl, CH₃I, CH₃Br 및 CH₃OH 分子가 많이 이용된다. 筆者의 研究室에서도 이들 分子가 研究對象으로 되어 있다. 이들 laser가 關心

事되는 理由는 lidar, remote sensing 등에 利用될 수 있기 때문이다. Micro-wave 波長과 CO₂ 레이저 出力波長의 中間에 있는 波長領域이 아직 未開拓이다. 通信에 關心있는 레이저工學者의 關心事가 될 수 있는 레이저이다.

⑤ Power와 Intensity의 工學, 醫學的인 利用

5-1 高出力 CW-CO₂ 레이저로서 1KW의 出力을 낸다면

CW- CO₂ 레이저로서 1 KW의 出力을 낸다면 이 光束은 1cm의 鉄板을 자르는데 쓸 수 있다. 若干의 研究에 의하면, cutting이 精密하고, 깨끗해서 在來式 鉄板cutting와는 크게 다른 成果를 얻을 수 있다. 길이가 1m되는 縱放電 레이저管에서 1KW의 出力을 CW로 얻을 수 있고, 橫放電으로 fast flow를 할때 그出力을 더크게 增加시킬수 있다. 出力이 數KW가 되면서부터 레이저 材料에 問題點이 부수해서 많이 생기게 된다. 따라서 레이저材料의 開發이 레이저開發과 同時에 考慮되어야 한다.

5-2 高出力Pulse Laser와 核融合

光分解素레이저 (iodine photo-dissociation laser), YAG 레이저, CO₂ 레이저, HF 레이저가 高出力펄스 레이저로서 10 GW 以上の 出力을 내는데 쓰인다. 이들 레이저는 refractory material (例 Al₂O₃)의 加工에 쓰이고, laser plasma 實驗, laser implosion(레이저 爆縮)laser fusion, inertial confinement 實驗등에 쓰인다. YAG레이저(1.06μ)을 2次調和波發生에 쓰면 높은效率로 0.53μ을 얻고, 이 波動을 다시 2次調和波發生케 하면 0.265μ의 波動을 얻을 수 있으며, 이 出力은 光分解素 레이저의 optical pumping에 쓰인다.

5-3 醫療分野에서의 利用과 輻射壓에 의한 Particle Separation.

Laser를 유리된 眼內 網膜을 原狀으로 癒着시키는 데 利用하고 있다는 事實은 周知의 일이고, 또 齒科에서도 쓰고 있고, 一般 外科手術에서 無血手術이라고 해서 이용될 수 있다. 또 皮膚癌, 胃癌, 食道癌, 咽喉癌등에 Ar-ion 레이저 光束을 써서 治療效果가 있다고도 한다.

Laser 光壓은 粒子分離에 利用된다. 레이저光의 強度가 세기 때문에, 收斂렌즈의 焦點近傍에서 큰 輻射壓을 나타낼 수 있다. 血液中에 있는 癌細胞나 腹水癌細胞는 血液이나 腹水を 體外로 유도한 다음에 레이저光束을 지나가게 함으로써 레이저輻射壓으로 밀어낼 수 있다. 이 方法은 아직 研究中이나, 레이저의 利用中에서 重要한 分野가 될 것이다.

⑥ 結 論

레이저의 工學的인 利用만을 展望하는데 이미 割愛된바 紙面이 넘어가 버렸다. 科學的인 研究部門을 다 除外하고 또 레이저工學的인 分野만을 概觀하는데도 너무 簡略化되었다는 感마저 든다. 要是 레이저科學과 레이저工學에 從事하는 사람의 數가 우리나라에서는 아직 너무도 적다. 여기에 根本的인 問題가 있다. 더 많은 사람들이 各 分野에서 執念을 갖고 開拓해나가야 하겠다. 우리들의 未來는 레이저光波를 잘 利用함으로써 無限히 發展할것 같다. 電子와 가장 相互作用을 잘하고, 固體內 電子와 마찬가지로 數eV 또는 그以下 작은 에너지를 지니고 있는 光量子를 우리들의 生活을 深化하고 豊饒롭게 하는데 利用하는 슬기를 科學者, 技術者가 찾아내야 하겠다.