

# 最近 光通信用 半導体 素子 및 裝置의 研究開發에 관한 動向

成 萬 永\*  
(檀國大 工大 教授)

## ■ 차 례 ■

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 1. 序 論        | 6. 光回路          |
| 2. 半導体 레이저    | 7. 集積光 디바이스의 試作 |
| 3. 發光 다이오드    | 8. 結 論          |
| 4. 光檢出器       | 參考文獻            |
| 5. 光 파이버의 傳送路 |                 |

### 1 序 論

1976년 이후 數年間에 걸쳐 光파이버의 傳送損失 低下<sup>1)</sup>와 1970年 前後 半導體 레이저의 室溫發振<sup>2)</sup>이 계기가 되어 光通信分野에 대한 研究가 急速히 高조되고 있으며 實用化의 側面에서도 많은 進전이 이루어져서 關連分野에 종사하는 研究人, 技術者, 또는 시스템 (system) 應用에 關係하는 사람의 수도 급격히 增加하고 있다. 그리고 0.85  $\mu\text{m}$  波長帶에 있어서의 光通信 시스템은 1980年 前後에 實用化가 이루어지기 시작하여 世界各國의 公衆通信, CATV, 電力用通信 등에 실제로 사용되고 있다.<sup>3)~5)</sup> 1980年代에 들어서 波長 1  $\mu\text{m}$  (주로 1.3  $\mu\text{m}$  帶) 가 中繼傳送에 그 偉력을 발휘하고 있으며 實用的인 素子도 可能하게 되어 실제 시스템에 導入되기 시작하였다. 또 光파이버의 極低損失帶인 1.55  $\mu\text{m}$  帶用 素子の 開發도 進行되고 있는 단계이며<sup>6)</sup> 현재 우리나라에서도 光通信의 重要性과 必要性이 상당히 부각되고 있으며 그의 實用化에도 많은 努力을 기울이고 있는 실정에 있다.

따라서 本 論文에서는 光通信의 發展을 世代的으로 表 1 과 같이 分類하고 이 光通信用 素子 및 裝置에 關連된 研究의 進展과 現狀 및 内外의 動向을 各

部分別로 살펴본 후 앞으로의 方向과 展望에 대하여 기술하고자 한다.

### 2 半導体 레이저

#### 1) 短波長帶 半導体 레이저

1970年 以來의 開發歷史를 가진 GaAlAs / GaAs 系 레이저가 0.8  $\mu\text{m}$  帶 光通信의 光原으로서 그의 地位를 유지하고 있으며 1974년경 부터 信賴性을 좀더 높이기 위한 研究가 계속되고 있다. 또한 1980年에 본딩 또는 電極의 問題가 레이저自體의 劣化와 區別하여 解析되므로서 比較的 定量的인 수명의 추정이 가능하게 되었고 70 °C 程度의 高溫加速試驗의 結果 室溫換算의 壽命은 10<sup>6</sup> 時間 以上인 것으로 발표 되고 있다<sup>7)</sup>.

그리고 스트라이프 形狀의 開發도 많은 進전을 보아 臨界值 10 ~ 20 mA의 레이저도 實用化水準에 달하여 大量生産의 단계에 들어 갔다. GaAlAs 系에서는 노출된 端面이 光에 의한 破壞가 있기 때문에 특히 高出力 레이저의 경우에는 端面을 코팅에 의하여 保護하지 않으면 안되며 Si/SiO<sub>2</sub> 등이 이용되고 있다. GaAlAs 系에 關해서는 分子비임 에피택셜 (MBE)<sup>8)</sup> 또는 有機金屬熱分解法 (MOCVD)<sup>9)</sup> 등 氣相成長法이 시도되고 있다. 아울러 이들의 特徵인 極薄膜成長

표 1. 光傳送 시스템의 각 단계별 분류

光 通 信 시 스템	特 徵
「第1世代 시스템」(實用中) 短波長 光傳送 波長; 0.8~0.9 $\mu\text{m}$ 光源; LD, LED 檢波器; LED, PIN-PD	多모드 傳送技術 (LED-PIN PD) (LD-APD) 光強度 變復調 波長多重, 雙方向通信技術 光 Switch 디바이스材料; GaAlAs / GaAs, Si
「第2世代 시스템」(實用化中) 長波長多모드, 單一모드 光傳送 波長; 1.3 $\mu\text{m}$ , 光源; LED, LD 檢波器; PIN-PD, APD	低損失 多모드 光傳送技術 單一모드 光傳送技術 (零 屈折率 分散波長을 사용) 디바이스材料; GaInAsP/InP (發光) Ge, GaIn/As (受光)
「第3世代 시스템」(研究·開發·實用化中) 長波長 單一모드 光傳送 波長; 1.5~1.65 $\mu\text{m}$ 光源; LD 檢波器; PIN-PD, APD	極低損失 單一모드 光傳送技術 光強度 變復調 時間·波長多重, 雙方向通信技術 코히런트光通信(레테로다인) 集積레이저, 光集積回路 디바이스材料; GaInAsP/InP (發光) GaInAs, Ge (受光)
「第4世代 시스템」(基礎研究中) 全光通信 波長; 0.8 $\mu\text{m}$ 波長; 1.2~1.65 $\mu\text{m}$	光交換(光스위치, 光演算) 高機能 光集積回路 (單一모드 光傳送技術)
「第5世代 시스템」(基礎研究中) 超長波長 光通信 波長; > 2 $\mu\text{m}$	超長距離 光通信의 可能性 追求中

에 의한 레이저 제작의 연구가 병행하여 진행되고 있으며 最近 活性層膜 50~200 Å 정도인 QW (Quantum Well) 構造의 低臨界值 레이저가 만들어 지고 있다<sup>10)</sup>. 특히 클릿드층의 組成을 GRIN 構造에 의해 150 A/cm<sup>2</sup> 정도의 低臨界 電流密度도 報告되어 있다<sup>11)</sup>. 한편 高出力化의 研究도 활발히 진행되고 있어 單體 레이저 40mw (實用레벨)<sup>12)</sup>, 10mw (實用레벨)<sup>13)</sup> 등이 얻어지고 있는 것과 더불어 그림 1과 같이 40개 정도의 스트라이프를 조밀하게 配列한 어레이 레이저에서 2.6w의 連續出力이 얻어지고 있는 例도 있다<sup>14)</sup>.

短波長 레이저의 用途는 通信用과 더불어 레이저 디스플레이에 널리 活用되고 있으며 앞으로 보다 더 큰 시장형성이 예상되고 있다. 이 경우 短波長化 즉 可視化가 기대되는 바이며 GaAlAs系에서는 Al 量을 增

가시켜 이것을 實現하고 있어 현재 實驗레벨에서는 6820 Å 정도가 얻어진 예도 있지만<sup>15)</sup> 實用레벨에서는 7400 Å 정도가 限界로 되어있다. 可視레이저용의 結晶成長도 여러 측면에서 시도되어 GaAsP 基板위에 GaInAsP<sup>16)</sup>, GaInP, AlGaInP, GaAsP 基板위에 GaInP 등이 試作되고 있다<sup>17)</sup>.

### 2) 長波長帶 半導體 레이저

材料分散이 작게되는 1.3  $\mu\text{m}$ 帶 또는 極低損失로 되는 1.6  $\mu\text{m}$ 帶 이른바 長波長帶 (1.2~1.7  $\mu\text{m}$ )의 光源으로 使用하기 위하여 1976年 MIT의 SZE에 의한 波長 1.1  $\mu\text{m}$ 의 GaInAsP/InP 長波長 레이저가 開發되었다<sup>18)</sup>. 그후 日本에 있는 몇몇 會社와 大學 研究所 (電電公社<sup>19)</sup>, 國際電電<sup>20)</sup>, 東工大<sup>21)</sup>)에 의하여 1977년에 1.3  $\mu\text{m}$ 의 長波長 레이저와 1979년

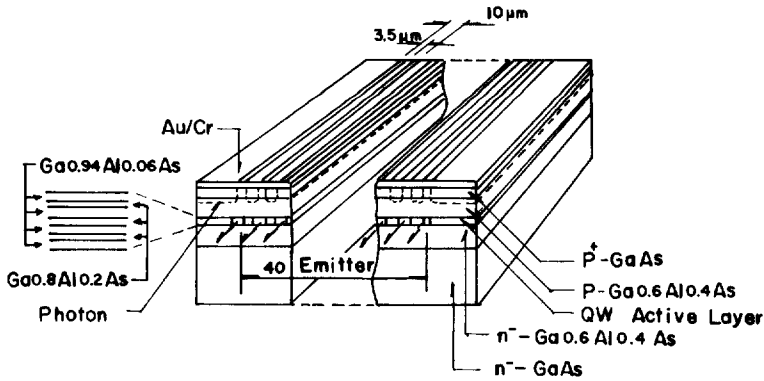


그림 1. 반도체 레이저 어레이 (Xerox社)

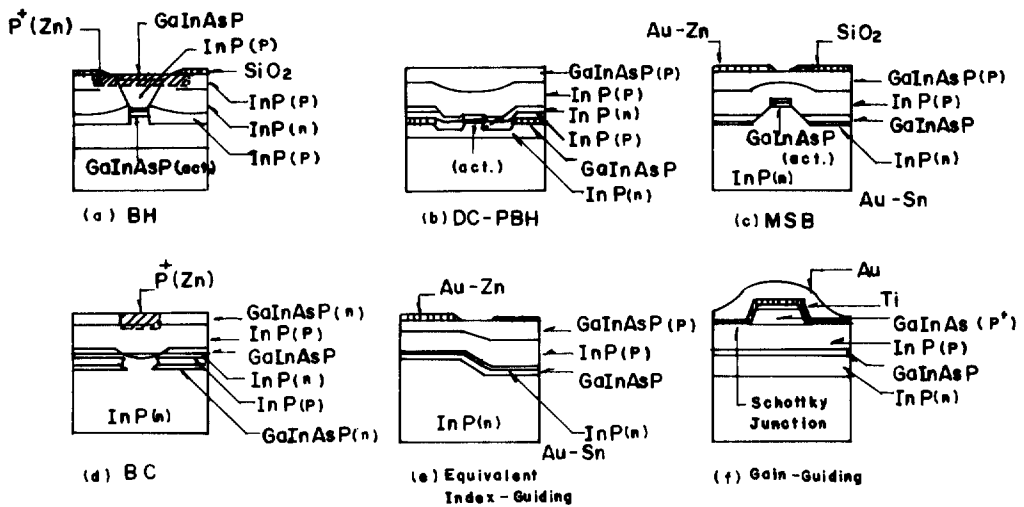


그림 2. 長波長 半導體 레이저의 形式

경에  $1.55 \mu\text{m}$ 의 레이저가 試作되어 발표되었으며<sup>22)</sup> ~<sup>26)</sup> 1980年 東工大에서  $1.5 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 의 動的 單一-모드 레이저에 관한 研究를<sup>27)</sup> 기점으로 하여 여러 종류의 動的 單一-모드 레이저가 開發되고 있다<sup>28)</sup>. 그리고 LED, 光檢出器의 開發도 활발하게 進行되고 있으며 1981~2年에는 이들 半導體 光 디바이스도 實用的인 水準에 達하여 實際의 光通信 시스템에 長波長帶가 使用되기 시작하였다. 光 파이버 通信用  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$  레이저에 있어서도 各種의 모드 制御形 (屈折率 導波形) 레이저가 提案되었다. 그림 2에 이러한 屈折率 導波形  $\text{GaInAsP}/\text{InP}$  레이저에 대한 例와 그림 3에 埋入形  $\text{GaInAsP}/\text{InP}$  레이저의 電流-出力特性의 例<sup>29)</sup>를 나타내었다.

이상과 같이 꾸준한 研究의 結果  $1.2 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 의 범위에서  $20 \sim 50 \text{mA}$ 로 動作하는 레이저의 實用性이 시준되고 있는 실정에 있다.

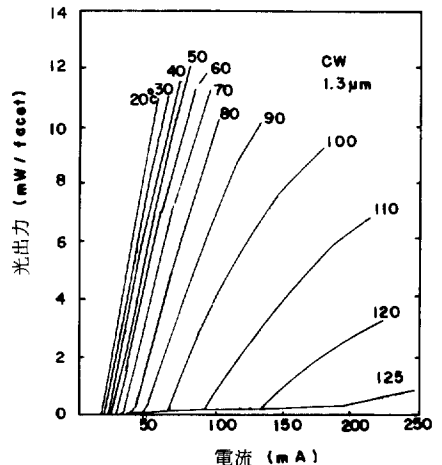


그림 3.  $1.3 \mu\text{m}$ 帶 BH 레이저의 I-L 特性의 例

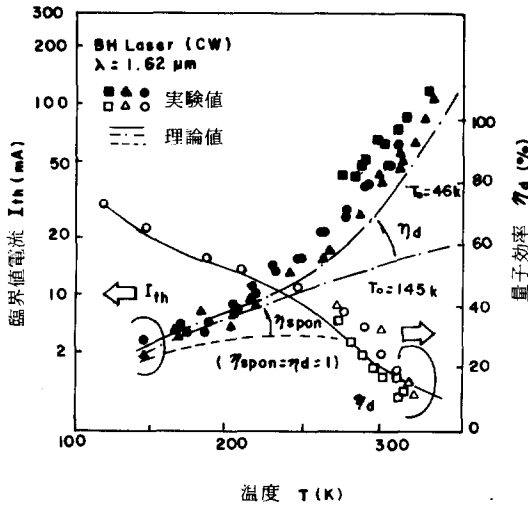


그림 4. 1.6 μm 帶 半導體 레이저의 溫度特性

한편 問題로 되어있는 溫度特性의 原因에 關한 研究도 活潑히 進행되어 大體적으로 그들을 說明할 수 있게 되었다. 즉 레이저의 臨界值 電流의 溫度에 따른 變化를  $I_{th} = I_{th}(T') \exp(T - T'/T_0)$  로 表示할 수 있고 GaInAsP 系 레이저에서는 特性 溫度인  $T_0$  가 60 ~ 70 K 이므로 GaAlAs 系의 120 ~ 150 K 에 比하여 大단히 작다는 (溫度特性이 나쁘다) 것이 지적되고 있으며 많은 理論的 및 實驗的 研究의 結果 半導體 레이저의  $I_{th}$  와  $\eta_d$  의 溫度變化를 大략 說明할 수 있는 理論結果가 얻어져서 價電子帶 內의 帶間 吸收에 의하여 Auger 效果, hetero 障壁으로 부터의 漏洩 등을 고려하여 1.6 μm 帶의 BH 레이저에 關한 實驗結果 (그림 4 참고) 를 說明할 수 있는 단계가 되었다<sup>30)</sup>.

또 Nelson 등은 非發光 센터, 漏洩 등을 否定하고 Auger 效果의 상세한 검토를 시행하였고 hetero 障壁으로 부터의 漏洩 또는 非發光中心의 存在, Auger 效果 등을 독립적으로도 考察하였다. 이러한 研究結果를 참조하여 볼때 溫度特性은 GaInAsP 材料 固有의 것으로 생각된다.

그리고 光 파이버가 極低損失 (0.2dB/Km) 로되는 波長 1.6 μm 帶의 光通信은 매력적이긴 하지만 그곳에 있어서 파이버의 材料分散이 20PS/nm/Km 이고 큰 펄스 퍼짐이 나타나기 때문에 廣帶域通信이 될 수 없는 것으로 본다. 그러므로 定常狀態에서는 單一波長으로 動作하고 있기 때문에 變調 또는 다소의 溫度變化에 있어서도 單一波長 動作하는 레이저가 바람직한 것이다. 이와같은 레이저를 動作 單一모드

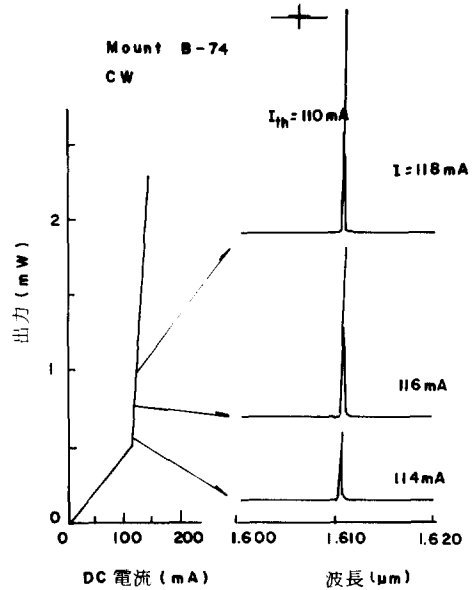


그림 5. 1.6 μm 帶 DBR 레이저의 I-L 特性과 스펙트럼

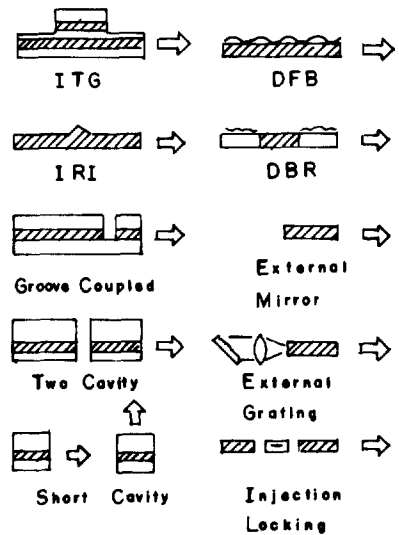


그림 6. 動的 單一모드 레이저의 形式

레이저 (Dynamic Single Mode Laser ; DSM 레이저) 라 하며 그 必要性을 역설하면서 研究 努力한 結果 최근에 그림 5 와 같이 回折格子를 共振器의 밖에 가지고 있는 分布 블록 反射形 레이저 (DBR 레이저) 를 實現하게 되었다<sup>31)</sup>.

이 레이저는 그림 5 와 같이 變調하여도 다른 縱 모드 가 發振하지 않는 경우가 없는 것으로 報告되어 있으

며 日本의 電電公社<sup>32)</sup>, KDD 研究所<sup>33)</sup> 등에서도 1.6  $\mu\text{m}$  帶의 DFB 레이저를 製作하여 시스템 實驗에 들어 있다. 한편 벨 研究所에서는 보통의 레이저 속을 분할하여 2개의 共振器를 結合한 Cleaved - Coupled Cavity (C<sup>3</sup>) 레이저를 試作하여 같은 목적으로 應用하고 있고<sup>34)</sup> 또 영국의 BTRL 에서는 가스레이저 光을 半導體 레이저에 注入하여 同期를 주고 그 波長에서의 動作을 固定하는 實驗을 실시하고 있다. 지금까지 설명한 動的 單一-모드 레이저의 構成 例를 그림 6에 表示하였다<sup>28)</sup>

### 3 發光 다이오드

光通信用 發光 다이오드 (LED) 로서는 高輝度, 高出力 및 光 파이버와의 結合效率 改善등의 要求에 부합되기 위하여 Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As 材料에 二重 헤테로構造의 것이 高안되고 있으며 接合面과 垂直으로 光을 얻는 面發光形과 端面放射形이 있다. 접합면과 수직으로 光을 얻어내는 방식에는 電極의 一部에 窓을 내놓은 것과 圓形試料의 中央部에 透明한 窓을 가진 Burus 形의 것이 있으며 光 파이버를 發光部에 密着시켜 出力을 얻어낸다. 개략적인 GaAlAs LED의 特性으로서는 出力 0.5~數 mw, 發光波長中心 8500 Å 前後, 發光波長幅 300~400 Å이다. 그러나 光 파이버와의 結合效率이 좋은 경우 結合된 光電力은 0.3mw 程度로 된다. 高輝度 LED에서는 電流密度가 큰 경우 數 KA/cm<sup>2</sup> 정도도 흐르기 때문에 수명을 길게 하기 위하여는 特別한 考慮가 있어야 한다. 한편 溫度 130°C에서 실시한 加速試驗에서 수명이 3000 時間을 넘었고 通常의 動作溫度에서는 10°C時間이 가능한 것으로 推定되고 있다<sup>35)</sup>. 그리고 簡易通信用으로서 플라스틱 파이버에 대응하는 高出力 綠色 LED의 實現도 기대할 만한 단계에 있는 것으로 볼 수 있다.

### 4 光檢出器

發光 다이오드는 물론 半導體 레이저에서도 出力 스펙트럼은 1~10MHz의 幅으로 랜덤하게 나타내고 있다. 波長의 中心值도 溫度 또는 電流에 따라 變化하기 때문에 光電力을 電氣信號의 電壓으로 變換하는 것과 같은 보통의 2乘檢波가 適用된다. 헤테로 다인과 같은 位相檢波는 現在 研究가 지속되고 있지만 實用化 되지는 못하였다. 光通信用 光檢波器로서 PIN 光 다이오드(PD) 또는 雪崩檢출기 포토 다이오드(APD)가 利用되고 있다. 光檢波器의 波長에 대

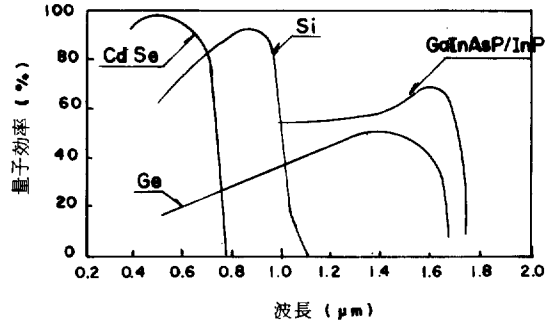


그림 7. 포토 다이오드의 材料에 따른 量子效率의 相連性

한 感度는 光電變換部의 半導體 材料에 따라 決定되기 때문에 光의 波長에 대한 禁制帶幅은 약간 좁을 필요가 있다. 그림 7에 몇개의 光檢出器材料의 波長 感度を 나타내었고<sup>6)</sup> 表 2에 實際의 포토 다이오드 特性을 나타내었다.<sup>6)</sup>

PIN 포토 다이오드의 構成例로서는 P<sup>+</sup> 領域에 光이 入射하면 生成된 電子-正孔雙은 各各(+) (-) 電極으로 이동하여 光電流를 發生한다. 應答을 빠르게 하기 위하여 逆 바이어스가 걸려 있지만 후에 기술하는 雪崩檢출기(avalanche) 增幅은 일어나지 않고 電流 增幅 作用은 없지만 雜音이 적은 特徵이 있다. 다이오드 자체에 增幅作用이 없기 때문에 外部로부터 앞단에 增幅器가 設置된다. 그것에는 GaAsFET가 많이 利用되고 있지만 PIN-FET를 同一 基板에 모노리딕으로 集積化한 디바이스도 開發되어 있다. 雪崩檢출기 포토 다이오드(APD)에서는 P<sup>+</sup>PN<sup>+</sup>構造에 逆 바이어스를 인가 하면 入射光을 吸收하여 N<sup>+</sup> 層에 있어서 電子-正孔雙이 生成된다. PN<sup>+</sup> 接合에서는 逆 바이어스가 걸려 있기 때문에 P<sup>+</sup> 領域 또는 空乏層으로 되어 있는 P 領域에서 만들어진 캐리어는 電界 때문에 드리프트에 의하여 電極方向으로 이동하여 電流를 흐르게 한다. 이때 逆 바이어스를 增加하여 가면 雪崩檢출기效果가 일어나는 것으로 되기 때문에 光電流가 增倍되며 M=30~100 程度로 動作 시키기 위하여 바이어스 전압의 安定性이 必要로 된다.

雪崩檢출기 增幅의 過程에서는 光電流의 增幅이 이루어짐과 동시에 過剩雜音도 發生한다. F를 過剩雜音 指數라 할 경우 電子의 이온화율  $\alpha$ 와 正孔의 이온화율  $\beta$ 의 比 k의 代소에 따라 F의 값이 정해져 雜音의 狀態가 결정되기 때문에 多層헤테로 構造에 의하여 k를 크게 하는 것도 고려되고 있다. 0.8~0.9  $\mu\text{m}$  波長帶에서는 Si를 利用한 PIN 포토 다이오드

표 2. 長波長 光檢出用 材料

材 料	Ga <sub>x</sub> In <sub>1-x</sub> As <sub>y</sub> P <sub>1-y</sub> InP	Ga <sub>0.47</sub> In <sub>0.53</sub> As InP	Ga <sub>0.27</sub> In <sub>0.73</sub> As <sub>0.40</sub> P <sub>0.60</sub> InP	Hg <sub>0.3</sub> Cd <sub>0.7</sub> Te	Al <sub>x</sub> Ga <sub>1-x</sub> As <sub>y</sub> Sb <sub>1-y</sub> GaSb	Ge	Si
禁制帶幅 E <sub>g</sub> [eV]	1.35 ~ 0.75	0.75	0.95	0.92	1.24 ~ 0.73	0.72	1.1
波 長 λ (μm)	0.92 ~ 1.67	1.67	1.30	1.35	1.0 ~ 1.7	1.72	1.1
移 動 度 μ(om <sup>2</sup> /V·sec) <sup>eh</sup>	3200 ~ 8500 70 ~ 180	8500 180	5000 80			3900 1900	1300 500
実効質量 m <sub>e</sub> /m <sub>0</sub>	0.08 ~ 0.04 (λ=0.92~1.67μm)	0.034 ~ 0.041	0.045 ~ 0.055			0.08	0.19
暗電流 I <sub>d</sub> [nA] (area: 4 × 10 <sup>3</sup> μm <sup>2</sup> )	10 <sup>2</sup> ~ 4 × 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	60	10 <sup>2</sup>	10	10 <sup>-4</sup>
이온화率 K (β/α or α/β)	0.2 ~ 0.3	0.25	0.25	β > α 0.03	β > α 0.05 ~ 0.5	β > α 0.5	0.02
感 度 [A/W]	0.6 ~ 0.8	0.8	0.6	0.6	(0.6)	0.85	
基板融点 [°C]		1070			712	958	1412
基板硬度 [Knoop]		535			450		1150

또는 APD가 이용되고 있다. PIN 다이오드의 量子 効率は 90%이며, 靜電容量은 5 pF 程度이고 APD 에서는 量子効률 50%, 靜電容量 1 ~ 3 pF의 것이 있고 Si-APD 利得 M과 帶域幅 B의 積에 대한 궁극적인 값은 대략 MB = 450GHz 이다. 애벌런쉬 增幅에 의한 過剩雜音指數 F(M)는 F(M) = M<sup>x</sup> (Si-APD 에서 x = 0.35 정도)로 表現하면 편리하며 Si-APD의 最小檢出信號는 400MHz의 帶域에서 1/10 ~ 2/10 μW 程度로 된다. 한편 波長 1 ~ 1.7 μm 帶에서는 Si 보다도 禁制帶幅이 작은 材料가 必要하며 表2에 나타낸 바와 같이 Ge, Ga<sub>x</sub>In<sub>1-x</sub>As<sub>y</sub>P<sub>1-y</sub>, Hg<sub>x</sub>Cd<sub>1-x</sub>Te, Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>y</sub>Sb<sub>1-y</sub> 등이 檢討 되고 있다.

Ge-APD는 1μm 帶의 光通信用에 有力한 素子로서 1.3μm, 1.55μm 帶에 各各 適合한 것으로 研究發 表되고 있으며 感度, 應答速度에 있어서도 Si-APD 에 遜색이 없는 素子가 實現되고 있지만 暗電流 I<sub>d</sub> = 10nA가 Si-APD에 비하여 10<sup>4</sup>배 정도 크고, k 도 k' = 1/k = 0.5 정도이며 過剩雜音도 크다. 이에 대하여 研究開發中에 있는 Ga<sub>0.47</sub>In<sub>0.53</sub>As/InP-APD에서는 I<sub>d</sub> = 0.1 nA, k = 0.25로 Ge에 비하여 양호한 特性을 가지고 있어 期待되고 있는 素子中의 하나이다. 이 材料를 利用한 PIN 다이오드는 다음

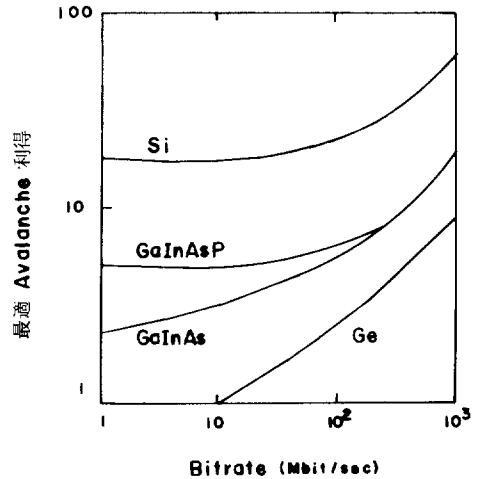


그림 8. APD의 最適增倍係數 M

단에 GaAs-FET를 利用한 增幅器를 接續하여 高 感度化가 시도되어 實用化되고 있다. 더우기 光通信 시스템 특히 PCM方式에 있어서는 펄스 變調된 光 을 受信해야 하지만 光 펄스의 速度 (1秒間에 몇개 의 펄스가 나타나는가를 비트레이트에 의해 表現한다)에 의하여 좌우되고 光 파이버에 의하여 傳送되는 光 信號의 最小受信電力도 이와같은 理由에 의하

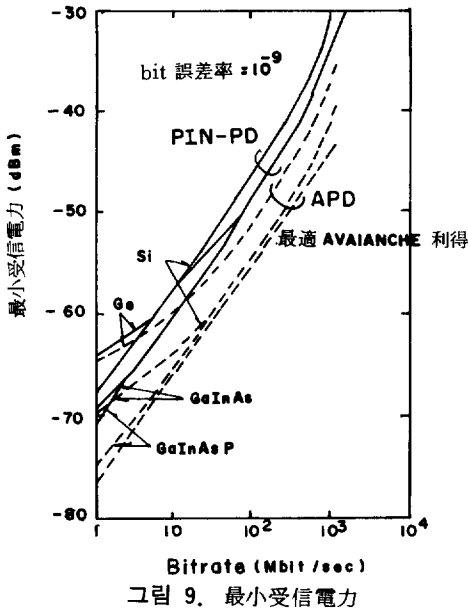


그림 9. 最小受信電力

여 다른 값을 나타내게 된다. 그림 8에서는 APD의 最適 에벌런쉬 利得 M을 비트레이트에 의하여 材料別로 表示하였고 그림 9에 PIN 다이오드와 APD의 비트레이트에 대한 最小受信光電力의 特性을 대비시켜 나타내었다.<sup>36)</sup>

### 5 光 파이버의 傳送路

1974년에 코닝社의 CVD法이 發表되고<sup>37)</sup> 이어서 벨 研究所에 의한 MCVD法이 開發된<sup>38)</sup> 후 실리카 파이버의 傳送損失이 波長 1 $\mu$ m 以上 소위 長波長帶에서 대단히 작게 된다는 것이 數年을 경과한 1976年 경에 명백하게 밝혀졌다. 즉 1976년에 획기적으로 日本의 電電公社와 藤倉電線에 의한 0.47 dB/km ( $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ )가 發表되었으며<sup>39)</sup> 저손실화의 연구에 박차가 가해졌다. 그리고 1979년에는 波長 1.5  $\mu\text{m}$ 에 있어서 理論限界인 0.2dB/km가 기록되었고<sup>39)</sup> 이와 병행하여 1977년에는 새로운 光파이버의 제조법인 VAD法(氣相軸付法)이 일본의 몇몇 기업을 중심으로 하여 개발되었으며<sup>40)</sup> 1980년에는 不純物로서 水分을 거의 함유하지 않은 低損失 파이버가 實現될 수 있었고 單一모드 파이버도 0.2 dB/km의 傳送損失에도달할 수 있다는 것이 報告되었다. (그림 10참고)

실리카系 파이버의 傳送損失의 低感은 材料의 開發이라는 측면에서 좀 어려움이 있지만 不純物로서의 水分을 어떻게 감소시켜 純淨화시킬 수 있는가를 많은 기대속에서 研究가 진행되어 왔으며 最近의 極低損失 파이버에서는 PPb 정도까지 OH 基를 낮추

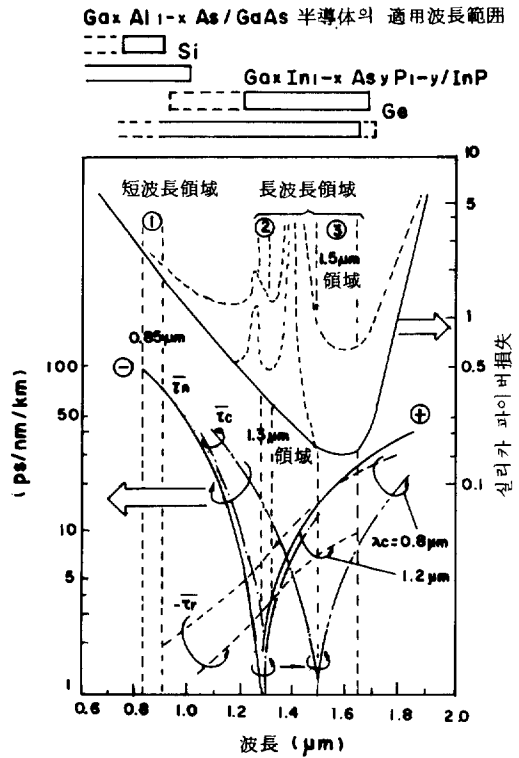


그림 10. 실리카 파이버의 傳送損失과 分散

게 되었다.

1982년 부터 1983년에 걸쳐 실리카系 파이버는 量産體制에 들어 갔으며 日本에서는 電電公社가 北海道로부터 九州에 이르는 2000 Km의 幹線과 中繼系등의 需要에 그 생산량을 맞추고 있으며<sup>41)</sup> 기타 世界 各國에서도 같은 형태의 光通信 시스템의 계획을 추진하고 있어 1990년 까지의 파이버의 需要는 순조로운 伸장을 나타낼 것으로 보이며 그외에도 加入者 系등 一般의인 보급이 이루어질 것으로 보인다.

파이버의 量産化에 수반하여 여러가지 製造法의 개량도 추진되고 있어 性能面에서는 우열을 가리기가 곤란한 정도의 수준에 달하고 있다. MCVD法에 의한 벨 시스템의 파이버에 관해서도 10萬km의 統計 데이터가 發表되었고<sup>42)</sup> 波長 1.3  $\mu\text{m}$ 용으로 設計된 파이버의 平均損失은 0.55 dB/km 이다. 코닝社에 의한 CVD法에서는 1982년에 記錄的인 0.16dB/km가 達成된 것으로 나타나 있다.<sup>43)</sup>

코어부의 도핑(doping) 量을 감소시키는 방법으로서는 콜러트部에 불소를 도핑하는 方法이 오래전부터 실시되어 오고 있지만 最近MCVD法, CVD法, PCVD法 그리고 VAD法에서도 實現되고 있으며<sup>42)-44)</sup> 또 도핑 재료로서 通常 사용되는 Ge의 資源의인 問題

를 解決하기 위하여 AI 등과 같은 代替材料가 검토되고 있다.<sup>45)</sup> 케이블화에 있어서 경제성을 높이기 위해 프리포움의 大形化 및 線引速度의 增加를 위한 方案이 연구되어 300m/min 인 速度가 報告되고 있으며 600m/min 程度도 얻을 수 있다고 한다. 이에 수반하여 파이버 被覆材料의 塗布法등에 대하여서도 많은 研究가 되고 있으며 海底케이블 用으로서의 強度의 問題가 큰 관심사로 나타나 있는 상황이다.<sup>46)</sup>

偏波面 保持 파이버의 開發도 적극적으로 이루어지고 있으며 電電公社의 發表에서는 10km 길이에서 다른 直交偏波에의 크로스 토오크가 20dB로 될 수 있다고 한다.<sup>47)</sup> 실리카 파이버에서는 分子振動에 의한 赤外吸收가 있기 때문에 波長 1.6  $\mu\text{m}$ 대에서 0.16 dB/km 程度가 限界로 나타나고 있으며 赤外用 結晶(CsI, BrI 등) 또는 非실리카 系 玻璃를 利用한 파이버의 開發도 적극적으로 이루어지고 있다. 앞에서 豫상한 바와 같이 傳送損失이 저하되지 않는 現象에서( $\sim 5 \text{ dB/m}$ )<sup>48)</sup> 10.6  $\mu\text{m}$ 의  $\text{CO}_2$  레이저 光傳送 등 通信以外的 用途에 눈이 돌리어지고 있는 면도 있다.

그외에 간이 통신용으로 플라스틱 파이버의 開發도 추진되어 波長 0.55  $\mu\text{m}$ 에 대하여 100~200 dB/km가 얻어지고 있으며 重水素를 利用한 것으로는 20dB/km도 얻어지고 있다.<sup>49)</sup>

## ⑥ 光 回 路

이미 언급한 바와같이 光 파이버 通信 또는 光 엘렉트릭스의 광범한 産業 技術分野에의 浸透에 수반하여 大量生産이 可能하고 光軸의 調整이 필요하지 않은 光回路에 대한 大量需要가 豫상된다. 光 回路는 光의 分岐, 結合, 分波合波등을 행하는 回路이며 電氣 電子工学에 있어서 電子回路에 대응하는 것이다. 從來 그 構成法 으로서는

- i) 個別 렌즈 系를 利用한 微小光学系
- ii) 파이버 自體를 加工하여 構成하는 光 파이버 回路
- iii) 誘電體 光 導波回路를 基本으로 하는 것으로 알려진 光集積 回路등이 있는 것으로 考察되고 있다. 機能面으로 본 光回路에 관하여 간략하게 기술하여 보면 다음과 같다.

### 1) 光 스위치

複數個의 레이저로부터 光을 切換하여 1개의 파이버에 통하게 하고 多數의 파이버를 서로 切換 하는 目的으로 光스위치가 이용되며 可動 파이버에 의한 方式 또는 可動 프리즘에 의한 方式 등 機械的인 것과

液晶을 利用한 光導波路形의 스위치 등이 있다.

### 2) 光 減衰器

光 衰이버의 傳送特性을 測定하고 光 強度가 強할 때 이것을 減衰 시키기 위한 光減衰器가 必要하며 無 反射이고 損失成分이 純粋한 材料의 開發이 必要로 되고 있다.

### 3) 光分岐·方向性 結合器

2 가지 方向으로 分離되는 光分岐, 方向性 結合器의 가장 간단한 것은 하프미러(half mirror)에 의하여 파이버 1로부터 나온 光을 파이버 2와 3으로 分산하는 方式이 있고 N개로 結合된 경우는 스타커 플러로 된다. 1개로부터 N개로 分 되는 光의 分配器로서 1가지의 情報를 많은 受信者에 分配하기 위한 回路로서 活用되고 있다.

### 4) 光 탭

入力 파이버로부터 나온 光의 극히 작은 일부를 모니터 용의 光檢出器에서 檢出하고 대부분의 光은 出力 파이버에 結合하는 것이 필요하기 때문에 送信器 또는 中繼器의 光모니터로서 필요한 것이다.

### 5) 光 아이솔레이터

一方向性的 回路部品은 아이솔레이터 또는 서어큘레이터라 부르며 마이크로波 回路에서는 일반적으로 많이 活用되고 있다. 光波領域에 있어서도 發振器에 있는 레이저로부터의 光이 反射에 의하여 다시 레이저에 되돌아오며 發振에 不安定性이 생기며 雜音을 수반하기 때문에 이러한 現象을 방지하기 위한 方案으로서 꼭 필요한 회로부품이다. 또 장래 光增幅器 또는 레이저를 外部光에 의하여 制御하는 경우 필수 불가결한 소자로 생각된다.

그리고 光 아이솔레이터에 파라데이 回轉子라 불리는 偏波를 45° 回轉시키는 素子가 必要하며 鉛玻璃(주로 가시광) 또는 YIG(주로 적외광)이 사용된다. 또한 아이솔레이터의 性能은 挿入損失과 逆方向遮斷率 등에 의하여 評價되며 挿入損失을 주로 지배하는 것으로 파라데이 回轉子の 吸收損이 있다.

1982년에는 GGG 結晶上에 液相成長法에 의하여 成長된 YIG 厚膜을 利用하여 波長 1.3  $\mu\text{m}$ 에 있어서 挿入損失 0.8 dB, 逆方向遮斷率 20 dB 이상이 얻어졌으며 그림 11에 지금까지 간략하게 설명한 아이솔레이터의 예를 나타내었다.<sup>50)</sup>



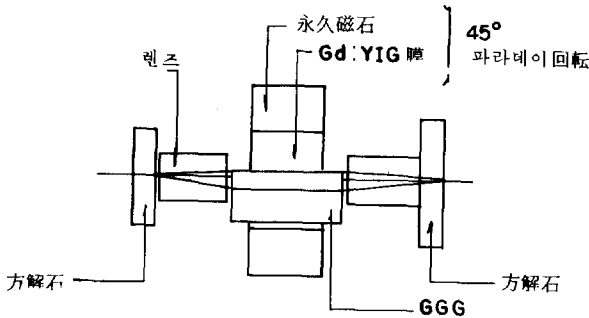
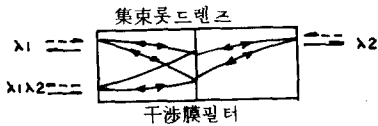
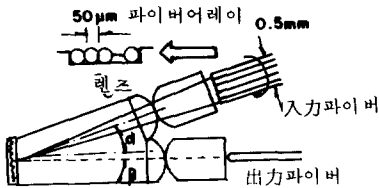
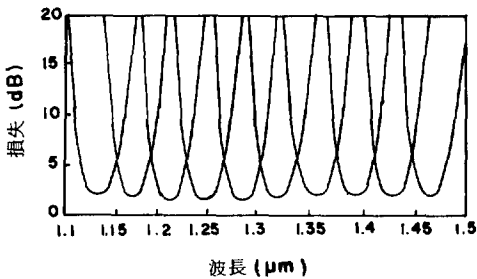


그림 11. 아이솔레이터의 예



(a) 멀티플렉서유닛



(b) 멀티플렉서와 스펙트럼 응답특성

그림 12. 광 분波器의 예

6) 光波長 多重用의 光回路

波長多重傳送(WMD) 방식에는 독특한 光回路가 필요하게 되며 各各의 光源으로 부터 (물론 다른 波長) 나온 光을 1개의 파이버에 導入하는 回路는 合波器(MX)라 하며 本質的으로 스티커플러와 같은 原理의 것이 利用되고 있다.

그러나 受信側에 있어서 各各의 파장에 대한 信號를 分離하는 分波器(DMX)의 構成에는 많은 研究가 進행되고 있으며 그림 12에 2가지의 分波器에

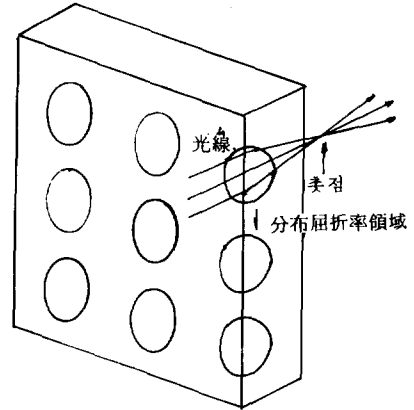


그림 13. 平板 마이크로 렌즈

대한 構成例를 나타내었다. 여기에서 그림 (a)는 干涉膜 필터를 利用하는 방식<sup>51)</sup>으로서 誘電體 多層膜 코팅에 의한 波長選擇적의 反射膜을 分岐하고 그림 (b)에는 回折格子를 利用한 것으로서 回折格子의 波長分 性を 利用하고 있다.<sup>52)</sup>

光回路의 形式에는 個別素子에 의한 것, 光 파이버 回路, 導波路形 回路 등이 있다. 個別素子에 의한 소위 微小光學系에서는 個別素子를 조항 제작하기 때문에 高性能의 光回路가 實現될 수 있지만 렌즈 또는 端面處理 등 部分加工과 光軸整合의 면에 있어서 大量生産 또는 品質管理에 問題가 있다. 光파이버 回路는 파이버의 클릿드 部の 除去 또는 精密性이 매우 높은 位置調整등이 必要하며 生産性에도 問題가 있는 것으로 나타나고 있으며 插入損失도 비교적 크다.

平板導波路에 의한 光回路는 Miller에 의해 提案되었지만 個別的으로는 어느 정도의 性能이 우수한 素子를 製作 할 수 있지만 다른 素子와의 結合 또는 種材料에 의한 複合化등에 問題가 있다. 이와같은 問題 들을 解決하기 위하여 그림 13에 나타낸 바와 같은 平板基板에 不純物(dopant)를 選擇的으로 擴散하고 이로 인해 일어나는 屈折率分布를 이용한 2次元 어레이 分布屈折率 平板 마이크로 렌즈와 이것을 2次元 어레이 狀의 光學素子和 3次元的으로 積層하는 것의 의하여 光回路를 2次元 어레이 狀으로 일괄 大量生産하는 積層光回路가 提案되고 있다.<sup>53)</sup>

여기서 使用되고 있는 平板 마이크로 렌즈는 平板 基板에 屈折率을 變化시켜 不純物(dopant)을 選擇的으로 擴散하는 方法, 플라즈마 CBD 法에 의하여 SiO<sub>2</sub>와 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 混合物를 SiO<sub>2</sub> 基板에

㉔ 結 論

앞에서 설명한 바와 같이 本論文에서는 우리나라에서도 그 중요성이 인정되어 産業構造에서 그 비중이 증가되고 있는 光 파이버 通信의 개요와 그것에 사용되고 있는 디바이스에 대한 最近狀況에 관하여 소개하였다.

半導體 레이저에 관해서는 基礎的인 研究段階로부터 實用 디바이스로서의 生産으로 그 重心이 移動되고 있는 동시에 單一波長動作 또는 高出力化 등 새롭고 高性能을 목표로 하여 계속 研究開發되고 있는 실정이다.

또 MBE나 MOCVD 법이 利用되어 極薄膜의 活性層을 가진 Quantum-Well 레이저에서는 극히 낮은 임계전류 밀도를 가진 레이저등에 研究가 추진되고 있다.

受光器로서는 長波長帶의 低雜音 포토다이오드의 選擇에 미지의 可能性이 남아 있는 실정이다. 즉 Ge-APD는 實用的인 디바이스에 存在하는 暗電流에 의한 雜音이 극히 크기 때문에 GaInAs 등의 新材料에 의한 素子の 製作도 검토가 이루어지고 있으며 各各의 試作條件 및 材料에 따른 性能에 있어서 많은 比較가 進行되고 있다.

光 파이버 通信도 이제 선진국에서는 많이 실용화되기 시작 하였지만 實제적으로는 사용되고 있는 技術에는 무한한 問題點이 남아있는 실정이다. 예를 들면 集積化된 半導體 光 디바이스는 거의 없는 실정이며 光 回路의 大量生産도 아직 미숙한 상태이다. 거의 모든 디바이스를 實用的인 수준에 올려놓고 光 通信 그 자체에 대한 技術的 不安을 대체적으로 해소시키기 위하여 우리는 最低限의 技術的 基盤을 토대로 20세기 최후의 새로운 文化를 창조, 발전시키기 위해 노력을 기울이면 表 1에 나타낸 바와 같은 제 4, 제 5 세대의 21세기에도 파급시킬 수 있는 新技術 革命이 앞으로 일어날 수 있다고 보며 半導體 技術의 진보와 더불어 앞으로의 工学分野에 그 핵심의 한자리를 이룰것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- 1) M. Horiguchi & H. Osanai: Spectral losses of low OH content optical fibers. Electron Lett. 12. p 310 (June, 1976)
- 2) I. Hayashi, M.B.P Anish, P.W. Foy & A. Sumski:

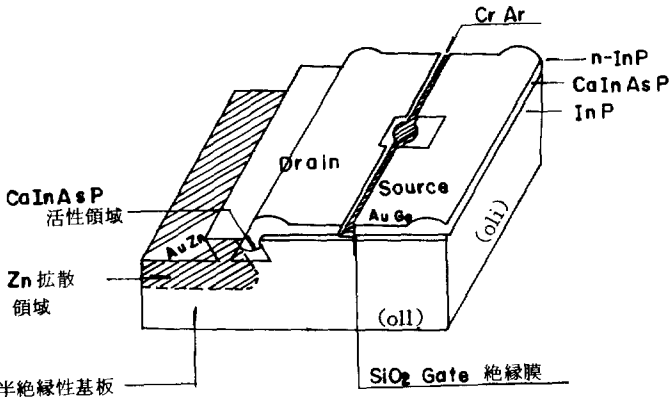


그림 14. 레이저와 FET의 集積

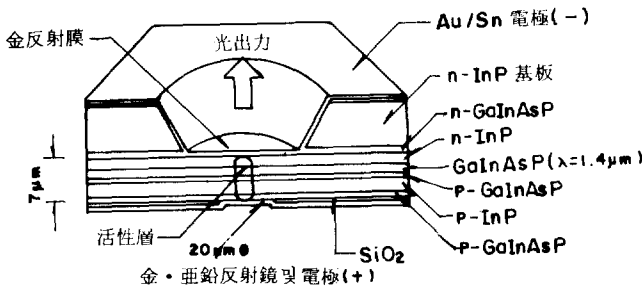


그림 15. 面發光레이저의 構造

만들어진 半球狀의 홈에 堆積시키는 方法<sup>54)</sup> 光 化學反應에 의한 方法이 報告되고 있다.<sup>55)</sup> 어찌되었든 光 파이버 通信 또는 光 電氣電子工學의 廣範圍한 産業 技術分野에의 浸透에 따라 大量生産이 可能하고 光 軸調整이 必要하지 않은 光回路의 大量需要가 豫想되고있는 바이다.

㉕ 集積光 디바이스의 試作

앞에서 半導體 레이저에 관하여 소개하였지만 半導體 레이저의 어떤것은 回折格子 또는 波長選擇機構를 集積한 것도 있다.

그리고 레이저, LED, 포토다이오드 등의 光 디바이스뿐만 아니라 FET 또는 트랜지스터 등의 電子回路를 하나로 集積시키는 것도 試作되고 있다.

그림 14에 FET와 레이저를 集積한 例를 나타내었고<sup>56)</sup> 디바이스의 어레이 集積도 많이 研究開發되고 있으며 高出力化를 위한 어레이화<sup>14)</sup> 독립적으로 變調가 可能한 레이저, LED의 어레이화 또는 그림 14에 나타낸 바와 같은 2次元 어레이화가 可能한 面發光 레이저도 研究되고 있다.

- Junction lasers which operate continuously at room temperature. Phys. Lett. 17. No. 3 p.109 (Aug. 1970)
- 3) Special issue of optical fiber communications. Proc. IEEE. 68. No. 10. (Oct. 1980)
  - 4) Special issue of optical communications. J. Inst. Electron. Comm. Eng.(IECE), (Japan) 63. No. 11 (Nov. 1980)
  - 5) S.E. Miller, E.A.J. Marcatili & T. Li: Research toward optical fiber Transmission systems. Proc. IEEE. 61 p. 1703 (Dec. 1973)
  - 6) Y. Suematsu: Long-wavelength optical fiber communication, Proc. IEEE. 71. No. 6. p. 692 (June, 1983)
  - 7) H. Imai, K. Hori, M. Takusagawa & K. Wakita :Activation energy of degradation in GaAlAs double-hetero structure laser diodes. J. Appl. Phys. 52, 5, p. 3167 (May, 1981)
  - 8) A.Y. Cho, R.W. Dixon, H.C. Casey, Jr & R.L. Hartman: Continuous room temperature operation of GaAs-AlxGa<sub>1-x</sub>As double heterostructure lasers prepared by molecular-beam epitaxy, Appl. Phys. Lett. 28 9. p. 501 (May, 1976)
  - 9) R.D. Dupuis & P.D. Dapkus: Ga<sub>1-x</sub>AlxAs/Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>y</sub>AlyAs double heterostructure room temperature lasers grown by metalorganic chemical vapor deposition. Appl. Phys. Lett: 31, 12. p. 839 (Dec, 1977)
  - 10) N. Holonyal, Jr, R.M. Kolbas, R.B. Dupuis & P.D. Dapkus: Quantumwell heterostructure lasers. IEEEJ, Quantum Electron, QE-16, 2. p. 170 (Feb, 1980)
  - 11) S.D. Hersel, M. Baldy, P.Assenat, B. de Cremoux & J.P. Duchemin: A very low threshold GRIN. SCH GaAlAs/GaAlAs laser structure grown by MOCVD. 8th ECOC, Postdeadline Paper (1982)
  - 12) 大武, 河野, 梶村, 芽根, 中村.; 自己整合型 SBH (SSBH) 可視高出力 半導體レーザー, 應物春, 7a -H- 6 (1983)
  - 13) 山本, 林, 早川, 宮内, 矢野, 土方.; 可視 window. VSIS レーザの構造と高出力特性, 應物春, 7a -H- 9 (1983)
  - 14) D.R. Scifres, W. Streifer, R.D. Burnham, C. Lindstrom & T. Paoli: Phase-locked (GaAl) As lasers, IOOC '83. 27B2.4 (1983)
  - 15) T. Inoguchi, S. Yano, T. Hijikata & Wada: Visible semiconductor lasers. IOOC'83. 27B2.2 (1983)
  - 16) 川西, 平岡; GaInAsP のGaAs 基板上への二相融液法 LPE 成長, 應物春, 6a -S - 10 (1983)
  - 17) A. Fujimoto, M. Shimura, S. Hinoda: InGaAsP injection lasers with wavelengths as short as 620nm at room temperature, CLEO'83, WB3(1983)
  - 18) J.J. Hsieh, J.A. Rossi & J.P. Donnelly: Room temperature operation of GaInAsP/InP double-heterostructure diode lasers emitting at 1.1 um Appl. Phys. Lett. 28, p. 709 (June, 1976)
  - 19) K. Oe & Sugiyama: GaInAsP/InP double-heterostructure lasers prepared by a new LPE apparatus. Japan J. Appl. Phys. Vol. 15. No. 12. p. 740 (Dec. 1976)
  - 20) T. Yamamoto, K. Sakai, S. Akiba & Y. Suematsu: Fast pulse behaviour of InGaAsP/InP double-heterostructure lasers emitting at 1.27 um, Electron. Lett. 13. p. 142 (Mar, 1977)
  - 21) Y. Itaya, Y. Suematsu & K. Iga: Carrier lifetime measurement of GaInAsP/InP double-heterostructure lasers. Japan J. Appl. Phys. 16. p. 1057 (July, 1977)
  - 22) S. Akiba, K. Sakai & T. Yamamoto: In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As/In<sub>1-x</sub>Gax Asy P<sub>1-y</sub> double heterostructure lasers with emission wavelength of 1.67 um at room temperature. Japan J. Appl. Phys. 17. No. 10. p. 1899 (Oct. 1978)
  - 23) S. Arai, Y. Suematsu & Y. Itaya: 1.67 um Ga<sub>0.47</sub>In<sub>0.53</sub>As/InPDH lasers double cladded with InP by LPE technique. Japan J. appl. Phys. 18 No. 3.p. 709 (Mar. 1979)
  - 24) N. Kobayashi & Y. Horikoshi: 1.5 um In GaAsP/InP d.h. laser with optical waveguide structure. Japan J. Appl. Phys. 18. No. 5 p. 1005 (May, 1979)
  - 25) G.D. Henshall & P.D. Greene: Low-threshold (Ga, In), (As, P) DH lasers emitting at 1.55 um grown by LPE. Electron. Lett. 15. No. 20 p. 621 (Sept. 1979)
  - 26) I.P. Kominow, R.E. Nahory, M.A. Pollack, L.W. Stuly & J.C. De Winter: Single-mode CW ridge-waveguide laser emitting at 1.55 um, Electron. Lett. 15. p. 763 (Nov. 1979)
  - 27) Y. Suematsu, S. Arai, F. Koyama, T. Tanbun. ek & K. Kishino: Narrow dynamic-spectral-width rapidly

- modulated GaInAsP/InP buried-heterostructure distributed-Bragg-reflector integrated-twin-guide lasers for 1.55  $\mu\text{m}$  wide-band single-mode fiber transmission, presented at the OFC 82, Phoenix (Apr. 1982)
- 28) Y. Suematsu: Recent progress in dynamic-single-mode (DSM) semiconductor lasers in long wavelength range and integrated optics, IOOC'83, 28BI-3 (1983)
- 29) H. Nomura, M. Sugimoto & A. Suzuki: High power and high temperature operation laser diode with In-GaAsP/InP buried heterostructure fabricated by single step liquid phase epitaxy, in Tech. Dig. of Optical Fiber Communications, Phoenix (Apr. 1982)
- 30) M. Asada, A.R. Adams, K. Stubkjaer, Y. Suematsu & S. Arai: The temperature dependence of the threshold current of GaInAsP/InP DH lasers, IEEE, J. Quantum Electron, QE-17, No. 5. p. 611 (May, 1981)
- 31) Y. Abe, K. Kishno, T. Tanbun-ek, S. Arai, F. Koyama, K. Matsumoto, T. Watanabe & Y. Suematsu: Room temperature CW operation of 1.60  $\mu\text{m}$  GaInAsP/InP buried heterostructure integrated laser with butt-jointed built in distributed-Bragg-reflection waveguide, Electron. Lett., 18. p. 77. (Jan, 1982)
- 32) T. Matsuoka, h. Nagai, Y. Noguchi, U. Suzuki & T. Ikegami: CW operation of DFB-BH GaInAsP/InP lasers in 1.5  $\mu\text{m}$  wavelength region, Electron. Lett. 18, No. 1. p. 27 (Jan. 1982)
- 33) S. Akiba, K. Utaka, S. Sakai & Y. Matsushima: Low-threshold current distrebuted-feedback In-GaAsP/InP CW lasers, Electron. Lett., 18. p. 77 (Jan. 1982)
- 34) W.T. Tsang, N.A. Olsson, R.A. Logan & J.A. Ditzenberger: A tunable single-frequency semiconductor laser: The cleaved-coupled-cavity laser and its device characteristics. IOOC'83, 29B5-4 (1983)
- 35) Y. Horikoshi, Y. takanashi & G. Iwane: High radiance lightemitting diodes, Japan. J. Appl. Phys, 15, No. 3 p. 485 (Mar. 1976)
- 36) T.P. Pearsall: Photodetectors for optical communication, J. Opt. Commun. 2, p. 42 (June, 1981)
- 37) D.B. Keck, R.D. Maurer & P.C. Shultz: On the ultimate lower limit of attenuation in glass optical wavelength, Appl. Phys. Lett., 22, p. 307 (Apt, 1973)
- 38) J.B. MaChesney, P.B. O'Connor, F.V. DiMarcello, J.R. Simpson & P.D. Lazay: Preparation of low loss optical fibers uning simultaneous vapor phase deposition and fusion, presented at the 10th Congr. On Glass. Kyoto (July, 1974)
- 39) T. Miya, Y. Terumuma, T. Hosaka & T. Miyashita: An ultimately low-loss single-mode fiber at 1.55  $\mu\text{m}$ , Electron. lett, 15, No. 4, p. 106 (Feb. 1979)
- 40) I. Izawa, S. Kobayashi, S. Sudo & F. Hanawa: Continuous fabrication of high silica fiher preform, presented at the Int. Conf. on integrated Optics and Optical Fiber Communication, Tokyo (July, 1977)
- 41) E. Iwahashi: Optical fiber systems for public telecommunication, IOOC '83, 28 C1-1 (1983)
- 42) S.R. Nagel: Advancees in the MCVD process rate and fiber performance, IOOC '83, 27A2-1 (1983)
- 43) A. Sarker & P.C. Schutz: Recent advances in the outside vapor deposition process, IOOC'83, 27A2-2 (1983)
- 44) M. Hoshikawa & K. Yano: Current status of VAD fiber: Process and performance, IOOC'83, 27A2-3 (1983)
- 45) N. Inagaki & K. Chida: High speed fiber drawing, IOOC'83, 27A4-1 (1983)
- 46) S. Sakaguchi & M. Nakahara: IOOC'83, 29A4-5 (1983)
- 47) Y. Sasaki, T. Hosaka, K. Takada & J. Noda: 8-km long polarization maintaining fiber with highly stable polarization state, IOOC'83, 29A5-1 (1983)
- 48) S. Yoshida: Review of new materials for infrared fibers, IOOC'83, 30A1-1 (1983)
- 49) 戒能, 奈良, 神宮寺; 低損失プラスチック光ファイバ(II), 信學全集, 996 (1982)
- 50) T. Aoyama, K. Doi, H. Uchida, T. Hibiya, K. Matsumi & Y. Ohta: A low cost compact optical isolator using a thick Gd: YIG film growing liquid phase epitaxy, ECOC, Section 8-2, Copenhagen (Sept. 1981)
- 51) K. Kobayashi & M. Seki: Microoptic grating multiplexers and optical isolators for fiber optic communications, IEEE, J. Quantum Electron, QE-16, No. 1, p. 11 (Jan, 1980)

- 52) R. Watanabe, Y. Fujii, K. Nosu & J.I. Minowa: Optical demulti-plexers for single-mode fiber transmission, IEEE, J. Quantum Electronics, QE-17, No. 6. p. 976 (June, 1981)
- 53) K. Iga, M. Oikawa, S. Misawa, J. Banno & Y. Kokubun: Stacked planar optics: an application of the planar microlens, Appl. Opt. 21, No. 19, p. 3456 (Oct, 1982)
- 54) G.D. Khol, H.G. Kock, J.A. Luijendijk, C.H.J. van den Breckel & D. Kupperts: Plasma CVD prepared SiO<sub>2</sub>/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> graded index lenses integrated in windows of laser diode packages, 7th ECOC (Copenhagen), 7.6 (1981)
- 55) N.F. Borrelli & D.L. Morse: Planar gradient index structures, 4th Top. Meet. on Gradient Index Optical Imaging Systems (Kobe), DI (1983)
- 56) U. Koren, K.L. Yu, T.R. Chen, N. Bar-chaim, S. Margalit & A. Yariv: Monolithic integration of very low threshold GaInAsP groove laser and a depletion mode MISFET, presented at the Topical Meet. on Int. Optics, Pacific Grove (Jan, 1982)
- 57) K. Iga, H. Soda, T. Terakato & S. Shimizu: Lasing characteristics of improved GaInAsP/InP surface emitting injection lasers, Electronics Lett, 19. No. 13. p. 457 (June, 1983)

<P. 33에서 계속 >

33 2-5 : 반브리지형 스위칭 전원의 설계 및 제어

高永吉·李光遠

이 연구는 반브리지형 스위칭 레귤레이터를 전류원으로 설계하고 제어방법을 연구한 것이다. 부하변화에 대하여 빠른 응답을 갖도록 출력전류의 변화를 제어 입력에 첨가하고 전류제어 루우프(loop)를 둠으로써 스위칭 레귤레이터의 제어계통을 간단한 최적 제어 모형이 되게 하였다.

실험 결과 제어모형이 맞는 것을 확인할 수 있었고 스위칭 주파수 25 kHz 에서 약 5ms 의 응답시간을 얻을 수 있었다.

33-2-6 : 콘덴사 製造에 있어서 金屬化과정이 誘電特性에 미치는 영향

金昊起

窯業多層콘덴사 製造時 高温에서 이루어지는 金屬化 과정이 誘電特性에 미치는 영향을 靜電容量(C)의 變化와 損失係數(tan δ)의 變化로써 調查研究했다. 測定溫度에 따른 比誘電率(ε<sub>r</sub>)의 變化에 따라 金屬化 과정이 誘電特性에 미치는 영향을 관찰할 수 있었고, 測定주파수에 따른 損失係數의 變化도 아울러 研究檢討했다. 金屬化 과정의 誘電體와의 相互關係를 고찰하고자, 誘電體 内部의 Grain 과 Grain Boundary에서 發生가능한 Microstructure Model 成立下에, 誘電特性의 變化를 究明하려고 노력했다.