

오프트 일렉트로닉스에 이어 추구하는 獨創技術

1. 오프트 일렉트로닉스의 開拓期

오프트 일렉트로닉스의 최초 제안은 1956년에 Loefner에 의하여行하여졌다. 그의 제안은 光을 信號處理의 일부로 사용하여 회로구성을 하는 것이었으므로 그 후의 光만으로 指向하는 오프트 일렉트로닉스의 방향과는 약간 다르다는 것을 알 수 있으나 대단히 참신한 생각이었다.

그러나 구체적인 수단으로서의 固體의 에렉트로 미쥬센스에 따라서 光을 발생하여 이것을 光導電體로서 受光시켜 電氣에 되돌아오게 하는 것이기 때문에 실용성은 적었다. 그 후 일본에서 직류를 절연한대로 段間結合을 행한 Pn접합으로부터 나오는 逆方向으로 되는 것에 의한 發光이 順方向에서 再結合 發光의 變調光을 이용한 것은 1960年이었다. 받게 되는 것은 光導電體, 포토다이오드, 포토 트랜지스터, 포토사이리스터가 있다.

당시 집적회로에서 전압절연이 문제가 되었다. 생각하여 보면 電壓을 絶緣하기 위하여는 變成器를 이용하기도 하였으나 한번의 磁束 에너지 變換이었다. 그래서 다른 에너지가 생각되었다. 그것이 音波였다. 熱에는 늦어져 실용성이 적었다. 그래서 더 有望한 것은 光의 에너지였다. 거기에는 發光다이오드와 半導體레이저를 交流信號로서 구동시켜 光을 變調하여 이것을 二次側에 상당한 포토트랜지스터, 포토 다이오드로서 받게 된다면 兩者의 직류전압에 無關係하게 信號를 傳할 수 있다. 오늘날에는 포토 카메라가 있는데 電壓을 차단하는 극히 안정된 素子로서는 항공기의 제어 외의 것이 널리 쓰여지고 있다. 이것이 오프트 일렉트로닉스의

선구적 역할을 가져왔다. (圖 1 參照)

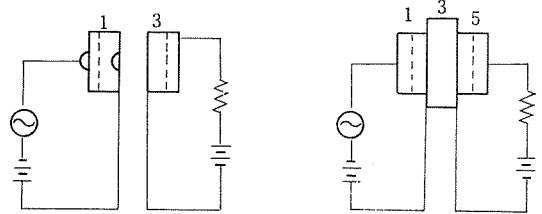


圖 1. 光에 의한 「接地點 혹은 임피던스 變換方式」(포토·카메라). 1960年出願特許의 一部分. 1發光用 Pn 接合, 3受光用 Pn 接合 등. 5는 絶緣性透過材料

1954年에는 다이오드 遞倍器에 의하여 波長 0.1mm 電磁波의 발생이 行하여져 赤外分光器로서 얻어지는 光의 波長과 電波가 연결되었다. 마이만이 힐비에서 처음으로 固體레이저의 실현에 성공한 것이 1955年이었으며 크나큰 충격을 받았다. 그러나 당시의 固體메자는 磁場을 붙이는 것에 따라 스핀의 準位分裂을 쓰게 되는 것이기 때문에 磁場을 붙여 發振增幅이 일어나는 것도 우수하며 일단 磁場을 자르고 덧붙이는 순간만 사용되기 때문에 연속동작이 불가능하게 된다. 연속동작이 가능한 좀더 간단한 메자로 할 수 없을까 생각한 것이 반도체라면 어떤 어려움도 없이 할 수 있다는 것이다.

그리하여 1957년에 半導體 메자를 특허出願하였고 이것이 半導體의 Pn접합에 따라 주입해 反轉分布를 생기게 하는 共振器로서 귀환시키게 하는 것이다. 이것을 구체화하는 종류의 노력을 하므로써 반도체 표면의 형상과 접촉재료의 선택에 따라 반도체로부터 나오는 光과 電磁波에 희망하는 指向性和 反射特性을 나오도록 할 수 있는 것을 제안하고 현재의 반도체 레

이저의 共振器 구조로서 보통 쓰여지는 Pn 接合의 端面을 쓰는 方式도 제안되고 있다. (圖 2 參照)

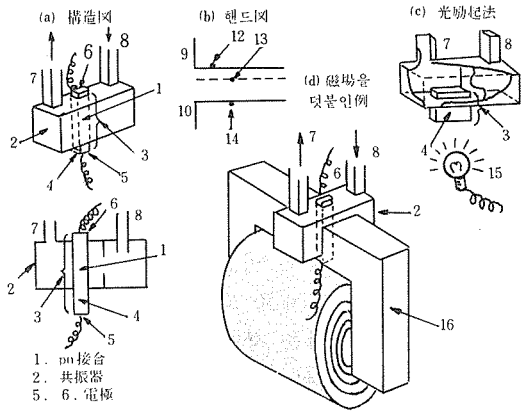


圖 2(1) 半導體레이저 特許에 의한

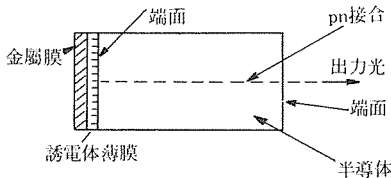


圖 2(2) 結晶表面을 光共振器로서 한 構造의 半導體 레이저의 提案 (1960年出願特許 (指向性을 가진 固體回路)에 의한

이에 앞서도 光을 쓴 通信을 시도하려는 考案도 상당히 있으나 현실로는 艦船通信 등에서 사용되었다. 그러나 信號源, 通信路, 增幅, 檢波, 變調의 하나를 본다면 극히 초보적인 것으로 되어있으며 그 후 널리 實用化에 이르렀다. 처음으로 雜音과 치라스키가 없는 光의 아름다운波의 增幅發振을 행할 수 있는 반도체 레이저의 발명에 따라 근대적인 光통신 개척의 제일보를 던지게 되었다.

受光에 관하여는 1950년에 Pin 등의 高抵抗率層을 가진 다이오드가 光檢波器로서 우수한 특성을 가진 것(圖 3 參照) 다시 1952년에는 APD(Avalanche Photo Diode)의 제안을 행하였다. 1964년에는 光의 導波路로서 集束性 크라스하이버의 提案을 행하였기 때문에 현재의 光通信에 있어서 光의 發生, 傳送, 檢波의 3要素를 제안하게 되었다. 물론 光의 導波路로서 중

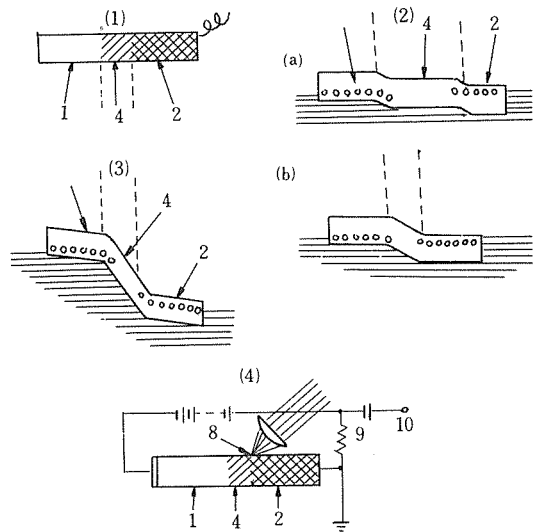


圖 3 Pin포토·다이오드의 提案. 1) p型領域, 2) n型領域, 4) 高抵抗薄膜層領域, 3), 4) 逆方向電壓을 印加한 狀態를 나타냄.

래로부터 유리가 있어서 의학용 등에 쓰여졌으나 당시는 어떤 통신에 쓰여지는 것도 吸收係數가 적어지게 되었다.

그러나 1964년에는 日本東北大學의 金子教授를 중심으로 반도체공업용의 高純度石英을 더 純化한 실리콘을 酸化함에 따라 얻어지는 계획이 이루어지고 있으므로 반도체공업의 응용에 의하여 종래부터 생각되어진 정도의 순도 높은 石英유리가 손에 入手될 가능성은 대단히 높다고 생각된다.

光導波路의 到達率이 낮은 재료에 따라 흡수도 되는 것이기 때문에 傳送途中에도 光이 표면부터 밖으로 나오는 漏洩損失이 있다. 표면부터 달아나는 부분을 감소하는 것은 光을 表面에 가까이 하지 않는 것이 좋다. 그 후 Bell 전화연구소에서는 光傳送路로서 캐스렌즈 方式의 개발에 집중되었다. 이 캐스렌즈라는 것은 円筒의 가운데 캐스를 흘려 同筒을 加熱시키면 중심의 온도가 낮고 外周의 溫度가 높기 때문에 外周에 있어서 氣體의 屈折率이 적어지게 된다. 그렇기 때문에 円筒의 外側을 향한 輻射는 內側에 굽어지게 되어 밖으로는 나올 수 없게 된다.

캐스렌즈와 같은 불안정한 것을 쓰게 되면 유

리화이버에 굴절률 분포를 가진 光의 누설이 없
어지게 되어 1本の 光學纖維로서 畫像의 전송
이 行하여지는 것을 보게 된다. 位相歪가 극복
되지 않는 것은 位相歪 특성도 다른 화이버와
비교하여 우수하다는 것은 完全히 위상을 잃
으면 굴절률 분포가 좋을 것이라는 검토가 있었
다. (圖 4 參照) 그렇더라도 그레이디드 인덱스
화이버의 제안은 다만 캐스렌즈의 자리 바꿈에
지나지 않는다. 이 과정에서 영국의 STL에 있
는 Kao 박사가 석영유리에도 순도를 높게 되
면 數100km정도의 광통신이 가능하다는 것
을 예견으로 화이버의 장래에 대하여 낙관적인
견을 나타내었다.

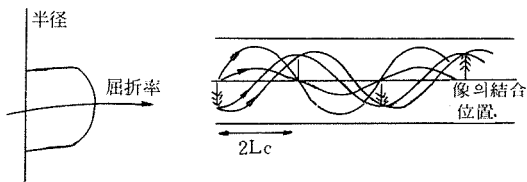


圖 4 屈折率分布型 화이버

1965년에는 일본에서 그레이디드인덱스 화
이버의 논문을 보고 당시 Bell 연구소 전송연구부
장인 존 피어즈 박사가 특별히 질문을 제기한 바
있으며 귀임후 코닝硝子社와 공동개발을 행하
였다. 그 前에 光을 유리棒을 통하여 통신에
사용할 수 있다는 提案이 있어 光通信도 처음
으로 구체적 수단으로 알려졌다.

2. 發光다이오드의 기초가 되는 結晶成 長技術

光源으로서 본 경우 發光다이오드는 반도체
레이저보다 單體로 되어 있으며 많은 용도가 열
렸다. 초기의 시판품으로는 GaPAs赤色發光다
이오드는 효율이 0.01%의 자리에 있으며 0.1%
도 있으면 매우 밝게 된다. 이것은 효율이 낮은
데 輝度도 낮은 이유는 結晶 完全성이 매우 열
등한 Pn접합만으로 만들어지기 때문이다.

화합물반도체의 결정불완전성의 근본원인이
화합물 반도체에 있어 생기지 않는 것은 化學量
論的 조성비로부터 퍼지는(예를들면 GaAs結晶
의 경우에도 결정을 구성하고 있는 Ga과 As의

비가 엄밀한 1:1로 우수한 것) 것에 따라 생
기는 결함도 있다고 생각되어 간격을 제어하고
없애는 연구를 전개하였다. 결정성장시에 용액
이 올라가는 것 때문에 高平衡증기압 성분원소
의 증기압을 印加시켜 결정성장을 행함에 따라
化學量論的 조성으로부터 퍼지는 것을 제어한
결정을 얻을 수 있는 증기압제어온도차법(TD-
M-CVP)의 제안을 행하고(圖 5 參照) 이것을
쓴 발광다이오드의 양산화기술의 개발을 행하였
다. 圖 6은 TDM-CVP法으로 양산되는 것과
같은 發光다이오드의 輝度(電流 20mA)를 다른
종류의 발광다이오드와 비교하여 나타낸 것이
다. 直接 遷移型 반도체로 되어 있는 GaAlAs에
는 輝度 2,400mcd라는 경이적인 밝기를 얻으
므로 효율도 17% 이상이다.

반도체 레이저·LED 전문가회의에서 발광다
이오드의 효율은 어디까지인가 라는 질문에 실
례결과에 따라 추정한 30%까지라고 대답하여
失笑를 자아내게 한 것을 생각하면 지금도 30%
를 눈앞에 두고 있다고 보아야 할 것이다. Gap
綠色 발광다이오드도 질소를 첨가하지않고 발광
하는 것도 있으나 TDM-CVP에 따라 질소無
添加로서 질소 첨가이상의 輝度가 얻어지며 그
것도 波長이 질소첨가와 같은 黃色에 가까운 색
이 되며 純綠色(550nm)이 얻어지게 되었다.

그러나 GaP는 間接遷移型半導體이기 때문에
GaAlAs와 동등한 輝度を 얻게되는 것은 무리
이며 금후 直接遷移型으로 綠色이 생기지 않는
새로운 반도체재료의 完全結晶 成長技術의 개
발이 필요하다.

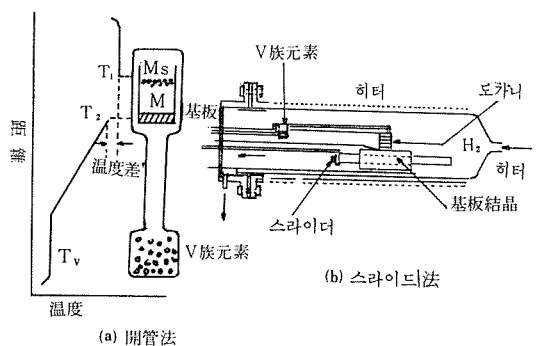


圖 5 蒸氣壓制御溫度差法의 原理

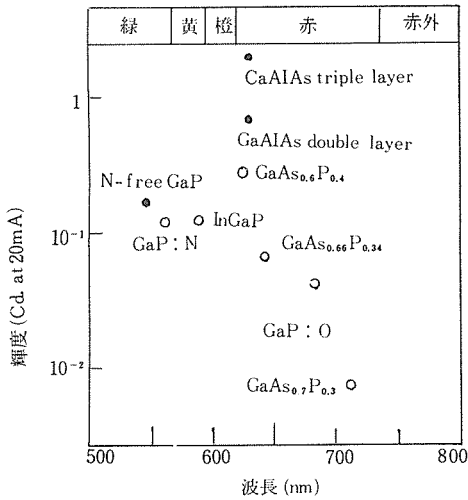


圖 6 TDM-CVP로서 製造된 發光다이오드와 다 發光다이오드의 밝기 比較

表 1 II IV族化合物半導體

半導體의 種類	禁制帶幅	밴드間遷移의波長	傳導型
ZnO	3.2 eV	388nm	n
ZnS	3.8	326	n
ZnSe	2.67	464	n
ZnTe	2.28	543	p
CdS	2.53	490	n
CdSe	1.74	713	n
CdTe	1.50	827	n, p

증기압제어온도차법의 응용은 에피탁살成長 밖에 없으나 日本의 渡邊은 多結晶成長에 응용하고 있다. (SSD法이라고 부름) 完全 結晶을 성장시키기 위한 최적증기압을 GaAs, GaP 에 있어서 많은 실험으로 각기

$$PGaAs = 2.6 \times 10^6 \exp\left(-\frac{1.05\text{eV}}{KT_g}\right) \text{Torr}$$

$$PGaP = 4.67 \times 10^6 \exp\left(-\frac{1.01\text{eV}}{KT_g}\right) \text{Torr} \quad (1)$$

을 求하였다.

또한 日本의 鈴木, 赤井은 증기압제어온도차법을 용점으로부터의 單結晶成長을 擴張하였다. GaAs의 融點 1,238°C 에 있어서는 最適蒸氣壓은 766Torr가 된다. 蒸氣壓존의 온도 T_{AS} 와 成長部의 온도 T_G 가 다르기 때문에

$$P_{AS} = P_A S_0 \sqrt{\frac{T_{AS}}{T_A S_0}}$$

가 되는 관계를 써서 증기압존의 최적온도를 求하며는 617°C가 된다. 鈴木, 赤井은 이 溫度로서 아주 轉位密度가 적은 高品質의 밸크 單結晶을 얻어 三溫度帶法이라는 이름으로 양산하여 세계에 공급하고 있다. 日本名西 및 미국 MIT의 H. C. Gatos는 거의 같은 결과를 追試하므로써 미국에서도 대대적인 연구개발이 시작되었다.

따라서 일본에서는 다시 미국을 쫓아가기 위하여 증기압제어온도차법의 강력한 연구개발이 필요하다. 증기압제어온도차법은 III V族化合物 半導體의 完全結晶을 얻는 방법으로 상당한 실적을 올리고 있으나 원리적으로는 III V族化合物 밖에 없어 高蒸氣壓元素를 성분으로 가지고 있는 모든 化合物에 적용할 수 있다.

특히 II VI族化合物 半導體는 表 1에 나타난 것과 같이 종류가 풍부하나 그것은 모든 종류에 따라 n型的 傳導型을 얻을 수 있으나 P型을 얻기는 곤란하며 아직 P型은 얻을 수 있으나 n型을 얻는 것은 곤란하다는 문제가 있다. 그 이유는 이러한 물질에 있어서 한층 화학량론적 조성제어가 곤란하며 충분한 高品質의 결정을 성장할 기술이 개발되어 가고 있다.

그러나 II VI族化合物 半導體에는 III V族化合物 半導體에 비하여 기초연구로 응용도 극히

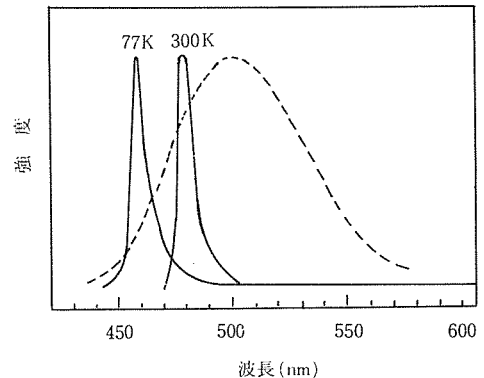


圖 7 Zn Se Pn 接合型靑色發光 다이오드의 스펙틀. 點線은 比較하기 위해 나타난 다른 種類의 밴드間遷移를 쓰지 않고 靑色에 가까운 發光다이오드

한정되어 있다. 최근 증기압제어온도차법을 ZnSe에 응용하여 P型結晶을 얻는데 성공하여 이것을 써서 Pn접합을 제작, 세계에서 제일 먼저 Pn接合型의 靑色發光다이오드를 試作할 수

있었다. (圖7 參照)

반도체발광다이오드로서 靑色이 얻어짐에 따라 色의 3原色이 發光다이오드로서 실현됨에 따라 금후의 디스플레이와 照明에 새로운 전개가 기대된다. 그러나 ZnSe로서 Pn접합이 가능하다는 것은 다만 靑色發光다이오드가 될 수 있다는 의미를 가지고 있을 뿐 아니라 Pn접합은 반도체레이저, 變調器, 檢波器 등 오프트일렉트로닉스의 기본적요소가 되기 때문에 II VI族 化合物半導體가 증기압제어법에 따라 오프트일렉트로닉스의 새로운 재료로서 III V族 化合物과 나란히 사용될 가능성을 의미하고 있는 것이다.

예를 들면 綠色으로부터 紫外線 領域의 반도체레이저도 금후 실현할 가능성이 있다.

3. 다음世代的 오프트 일렉트로닉스

광통신은 이미 실용화가 이루어지고 있음에 따라 그 改良에 의한 발전은 당연하며 현재의 방식은 光의 大容量性이 쓰여지지 않으면 안된다. 컴퓨터間的 情報傳達를 생각하면 현재보다 확실히 대용량의 光通信이 바람직하기 때문에 현재의 광통신에 있어서 반도체레이저의 變調方式은 전원의 전류를 변조하는 것에 따라行하여진다.

이와 같은 방법은 氣體레이저와 固體레이저에는 非메리트가 되어 있으며 光通信의 실용화에 따라서 이루어지고 있으며 變調周波數는 기껏해야 100GHz 정도 밖에 되지 않아 光의 周波數밴드를 생기는 것은 변조주파수로서도 서브밀리파로부터 遠赤外領域(100GHz로부터 100THz帶)의 光源이 필요하며 반도체에 있어서는 이 領域은 거의 미개발로 되어 있다.

또한 變調된 光波를 檢波하는 것은 현재와 같이 1950年頃에 고안된 Pin 포토다이오드와 APD 만으로는 周波數가 높아지지 않으면 응답할 수 없는 것이 있다. (圖8 參照) 전자디바이스로서 실현할 수 있는 最高發振周波는 단네트로서 1,000GHz (1 THz)로 예측된다. 현재 최고발진주파수 기본파로서 338GHz까지 실현할 수 있다.

또한 高周波에서 發振을 실현할 수 밖에 없

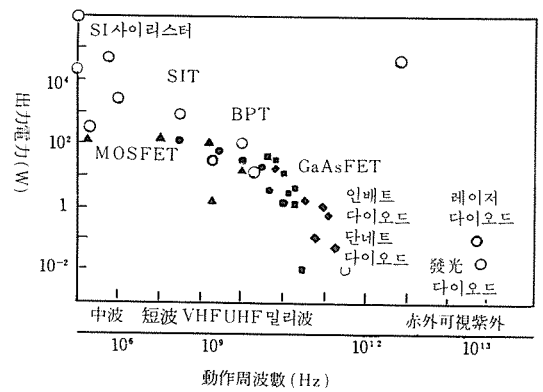


圖8 半導體디바이스의 出力과 周波數

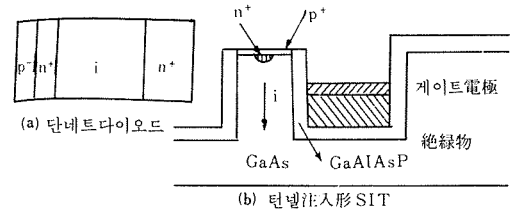


圖9 단네트다이오드와 터널注入型 SIT (SITT, SITTT)

으나 CW化, 高能率化 등 금후에 남는 문제는 크다. 또한 圖9와 같이 SIT (靜電誘導 트랜지스터)와 단네트를 연결한 구조는 走行時間效果를 이용하지 않을때 SITT, 走行時間效果를 이용할때 SITTT라 부르며 밀리파, 서브밀리파帶로서 동작하는 트랜지스터로 되는 것이 기대된다.

그러나 1THz로부터 30THz 즉, 波長에서도 300 μ 로부터 10 μ 의 遠赤外領域은 이와 같은 電子디바이스와 반도체레이저에도 실현이 곤란한 영역이다. 일본에서는 1960년에 반도체결정중의 格子振動을 이용한 이 주파수대의 電磁波를 얻는 것을 제안하였다. 즉 반도체 퓨리안레이저, 라만레이저, 퓨리안레이저는 헤데로다인 光波檢波器로서도 기대된다.

즉, 입사광의 주파수를 W_0 , 라만시프트된 出力을 W_s , 포노만의 周波數를 W_{ph} 라 하면 $W_0 = W_s \pm W_{ph}$ 의 관계가 있으며 W_{ph} 가 헤데로다인 중간주파수로 된다. 헤데로다인 檢波方式은 초고주파전파의 고대역고감도검파방식으로서 우수하다는 것은 잘 알려져 있으나 光波에 대하여도 이와 같은 것이 가능할 것으로 기대된다. 또한 라만시프트 W_s 는 近赤外光의 周波數變換으로서 쓰여 질 수 있다.

반도체레이저光의 變調, 혹은 스위칭을 超高速으로 행하는 것은 전원으로부터 전류를 변조할 방식에는 불가능하다고 슬회하였다. 반도체레이저 자체로서는 어느 정도 높은 주파수까지 追從할 수 있다는 것에 관하여 1968년에 행하여진 실험이 圖11이다.

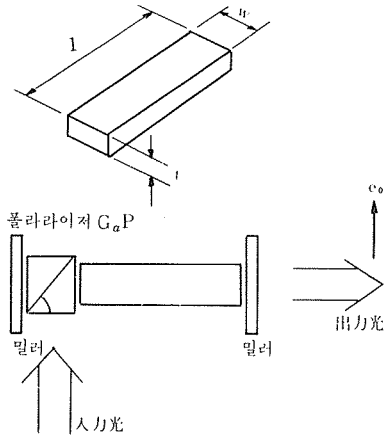


圖 10 半導體라만레이저의 構造例

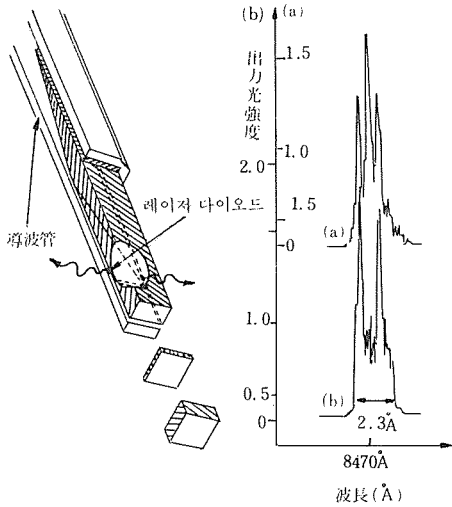


圖 11 半導體레이저의 縱모드間隔에 같은 50GHz로서 變調.

(a) 無變調, (b) 變調

變調周波數를 50GHz로서 반도체레이저의 軸모드의 간격이 꼭 變調周波數에 일치할 것과 같은 레이저의 길이를 뽑으면 강한 變調가 일어난다. 이 變調의 양측대파를 분광기를 사용하여

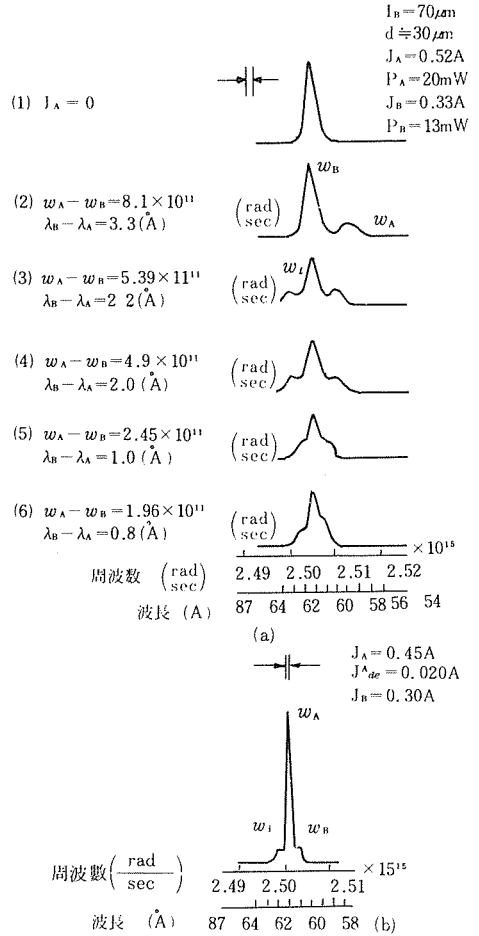
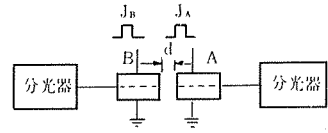


圖 12 레이저間相互作用. 두가지의 레이저다이오드 A, B의 發振周波數差에 相當하는 周波數로서 變調를 發生한다.

검출한 것이다. 이 실험은 지금 사용되고 있는 모드 로킹에 상당하는 것이 있으나 이 결과로부터 적어도 10^{-12} S의 추종속도를 가지게 되었다.

그러나 진정한 高帶域의 變調를 실현하는 것은 이와 같은 모드 로킹方式에는 형편이 맞지 않는다. 거기에 圖12에는 발진주파수가 다른 두개의 반도체레이저를 접근시켜 한쪽으로부터의 光을 다른쪽으로 入射한 것이다. 발진의 문턱 값에 가깝거나 문턱값 이상에 있는 레이저에 入射된

光에 따라 전자의 모드 分布가 변화되어지는 非線形效果에 의하여 두가지의 주파수에 상당한 주파수의 변조가 일어나는 것을 역시 양측대파를 분광기로서 검출하여 나타낸 것이다. 이와 같이 반도체레이저의 電子모드 再分布를 개재한 光-光相互作用은 모든 통상의 비선형 광학효과와 달라 극히 크나큰 효과가 있다. 금후光波의 變調, 檢波, 混合 등에 이용할 수 있다. 고대역의 변조를 행하는 것은 레이저의 하나의軸모드의 Q로서 결정되는 半值幅을 넓게 받아들이지 않으면 안된다. 실험에는 반도체레이저 길이를 될 수 있는한 짧게 하는 것에 따라 이것을 실현한 것이다. 이것은 금후 특별한 것을 하지 않아도 外部量子效率 17%와 같이 우수한 결정을 얻기 위하여는 짧은 결정에도 손실이 적어지기 때문에 레이저로 되어 얻어지는 것도 차츰차츰 잘되어 갈 것이라는 중요한 의미를 갖는다. 광집적회로에 있어서도 다만 종래의 콤포넌트를 소형으로 집적화한 것만으로는 거의 할 수 없기 때문에 반도체레이저간의 상호작용, 분포회전형레이저, 반도체라만, 퓨리안레이저 등의 새로운 효과, 소자에 따라 고성능의 기능을 발휘할 수 있게 되었다.

고속화를 위하여는 光의 傳搬에 필요한 시간을 시간을 짧게 하는 것이 필요하므로 小型에도 충분한 利得을 얻을 수 있는 결정의 開發이 중요하다라는 것을 나타낸다. 光集積回路的기초기술로서는 導波路에서 누설손실을 없애는 것은 굴절률분포형 화이버와 같은 모양으로 생각함에 따라 반도체상, 혹은 内部에 굴절률분포를 넓히는 것이 좋다. 같은 구조는 光을 비쳐 나가게 하는 연산처리를 하게 하는 분포형 연산디바이스의 개발에도 중요하다.

圖13은 그 一例를 나타낸 것인데 GaP 결정위에 그것보다 굴절률이 큰 혼정제 InGaP의 層을 合金에 따라 만들므로 In을 확산시키는 굴절률 분포를 주게 된다. 이와 같은 手法은 光의 결합기에도 이용되고 있다.

재료기술의 점에서도 光集積回로에는 중대한 문제가 있다. 개개 재료의 결정완전성 밖에 없으나 광집적회로가 헤데로 접합구조로 되기 위하여는 헤데로界面 兩側의 格子定數의 不一致 즉 格子不整合을 생기지 않게 하는 것이 있다.

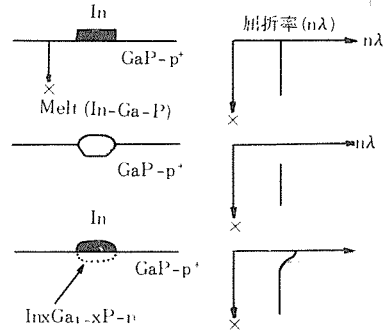


圖13 混晶系에 의한 半導體基板上的 屈折率分布型 導波路

表 2 여러종류의 III V族化合物半導體間的 格子定數不整合度

組 合	格子不整合度 $\Delta a/a$
GaAs - AlAs	1.6×10^{-3}
GaP - AlP	2.2×10^{-3}
GaP - GaAs	3.6×10^{-2}
InP - InAs	3.1×10^{-2}
AlP - AlAs	3.5×10^{-2}
InP - GaP	7.0×10^{-2}
InAs - GaAs	6.7×10^{-2}
InAs - AlAs	6.7×10^{-2}
InP - AlP	6.9×10^{-2}

현재의 반도체레이저는 GaAlAs의 헤데로 接合에 있어 表 2에 나타난 것과 같이 다른 여러종류의 조합된 것에 비하여 格子不整合의 정도가 적으나 그것도 ($\Delta a/a$)는 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ 정도 있어 轉位와 歪의 發生을 피할 수 없어 GaAlAs 層의 As原子를 少量의 P原子로서 바꿈으로서 그 格子定數가 감소한 GaAs層의 格子定數와 합하여지는 것이 가능하다. 化合物반도체의 格子定數는 化學량론적 組成이 우월함에 따라 변화한다. 圖14는 그것을 보여주고 있으며 As의 증기압은 먼저 式(1)에서 나타난 것과 같이 化學량론적 組成으로부터 간격이 最小로 되는 최적 증기압이다. 이와 같이 格子整合을 행하는 것은 化學량론적 組成으로부터 간격이 적어지는 것과 같이 無缺陷으로 되는 것으로 組成의 제어를 하는 格子定數의 제어를 행하지 않으면 안된다. 최적 증기압에 있어서는 化學량론적 組成으로부터 생겨난 결함(즉 空格子點과 格子間原子)의 밀

도가 극소로 된다. 轉位の 발생과 傳搬에는 이러한 결함의 존재가 필요하기 때문에 최적증기압에 있어서는 轉位가 거의 없는 헤데로 接合을 얻는 것이 期待된다. 집적화 디바이스로서 하나 중요한 것은 이미지 센서가 있다. CCD를 사용한 이미지 센서는 素子에 증폭기능이 없어 亂덤억세스 될 수가 없으며 高速化가 곤란한 것 등 문제가 많다.

SI포토 트랜지스터를 素子로 하는 SI 이미지 센서는 고감도고속도로서 亂덤억세스가 가능하며 그것도 各畫素가 1 트랜지스터로서 동작하는 것은 대단히 우수한 특성을 가진 것이다. 현재 더욱 高感度한 撮像管으로 되어 있는 電子빔 増培部를 가진 실리콘 인턴시프트 다케트 管의 특성과 동등, 또는 그것 이상의 것은 1個의 SI포토 트랜지스터와 캐파시터를 基本화소로 하는 SI이미지센서에 따라 현재 얻어지는 것이다. 光強度로서 $10^{-4} \mu W/cm^2$ 로부터 $10^2 \mu W/cm^2$ 까지의 광범위한 다이내믹 렌지를 가진 특성이 최근 얻어졌다. SI포토 트랜지스터 自體, 개인 亂積이 현재 10^9 Hz 材料를 선택하면 10^{11} Hz는 가능하다. 또한 SI사이리스터구조의 光사이리스터는 光에 따른 大電力을 高速으로 On도 Off도 될 수 있는 디바이스로 되어 今後의 직류 송전 등의 전력공학도 오프트 일렉트로닉스의 結合으로서 기대된다. 最후로 光計算機에 있어서도 있으나 超LSI의 스위치속도는 SIT를 GaAs로서 만들어짐에 따라 피코秒 정도의 고속도를 얻는 것이 이미 현실적으로 되고 있다. SITT와 SITTT가 되면 고속이 된다.

다만 집적회로를 바꾸는 것은 光計算機는 현상으로 생각할 수 있다.

光휴리프 휴로프는 17年前에 實驗을 行하였으며 속도의 측정을 행하여 크기가 결정되는 것을 보여주고 있으며 今後 材料의 개량을 하여 증폭률을 높여 적은 디바이스에도 움직이지 않으면 안된다. 그렇더라도 당분간은 오히려 超

LSI를 미세화하지 않으면 안된다. 여기서 금후 規格이 극히 적어지게 되며 分子工學이라는 1分子 水準의 설계가 요구되는 것과 같은 새로운 기술을 필요로 하는 것이 생각된다. 예를 들면 포토크로미즘과 같은 結晶內의 各分子가 기억을 행하는 효과를 이용하는 것과 결정, 유기반도체 등 포토일렉트로닉스와 의 結合이 필요하게 된다.

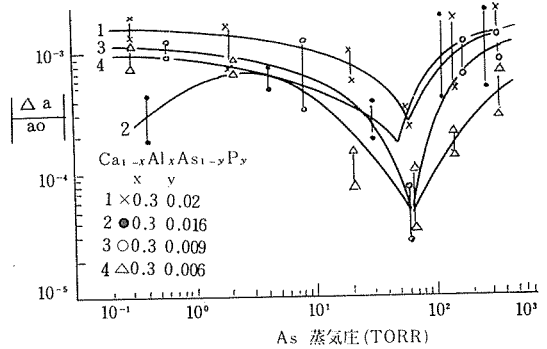


圖 14 Ga_{1-x}Al_xAs_{1-y}P_y層과 GaAs基板과의 格子定數整合. 橫軸은 化學量論的組成로부터 間격을 制御한다. As 蒸氣壓

1960년에 세계에서 가장 먼저 行한 포토에피탁살과 光을 사용한 超微細加工과 같은 光의 量子에너지를 化學적으로 직접 利用할 기술도 기간적 기술로 됨에 따라 反應槽 가운데 赤外, 近赤外光을 통하여 分子成分을 측정시켜 제어하는 것도 실용화될 것으로 생각된다.

4. 結 語

오프트 일렉트로닉스는 이제 시작에 지나지 않으며 100GHz로부터 100THz까지의 增幅, 發振, 檢波를 실현할 것도 늘어날 전망이며 또한 그 社會에 대한 影響도 계산하지 않으면 안된다. 트랜지스터의 工業化의 빠름은 경이적이었으며 光일렉트로닉스의 실용화로의 걸음은 더욱 빨라질 것이다.