

光電子 材料가 創造하는 高度情報化社會

Electronics는 보다 높은 周波數와 보다 높은 集積度를 開拓하는 歷史였다고 할 수 있다. 圖 1에서 보는 바와 같이 이탈리아의 Marconi가 1901年 처음으로 大西洋 횡단의 無線通信에 성공했을 때의 周波數는 겨우 10^3 Hz였으나, 그 후 半世紀가 경과한 60年 메이만에 의해 發明된 Ruby Laser의 發振周波數는 무려 10^{14} Hz으로 60年 사이에 10^{11} 배의 周波數를 손에 넣게 되었다.

한편 半導體 IC 素子 분야에서도 圖 2에서와 같이 1年間に 그 集積도가 倍加하고 있다. 68年에는 1個의 Silicon 素子(약 4 mm^2) 중에 1,400개의 Transistor가 集積된 것에 불과하였으나 80년에는 5 mm^2 Silicon 素子에 40만개의 Transistor가 集積되기에 이르렀다.

이것을 論理素子로서의 RAM의 集積도로 고려해 보면 圖 3에서와 같이 80年初의 64KBit로부터 80年代의 후반 무렵에는 4~8 MBit의 것이 出現될 것으로 豫測되고 있다. 한편, 集積도와 같이 論理素子를 구성하는 論理回路의 遲延時間도 80年初에는 2~3 nsec였던 것이 10年 후에는 10psec로 2 자리수나 Speed가 상승될 것으로 전망되고 있다. 이즈음 84년경부터 Silicon에 대신해서 Gallium 砒素의 LSI가 出現할 것이라는 技術革新이 추가되는 것도 흥미를 끄는 것이다.

이와 같이 Electronics 材料에서 高周波와 高集積化는 금후 그 속도는 약간 둔화되더라도 착실히 진전의 길을 걸을 것으로 豫측된다. 高周波化는 通信 분야에서는 특히 光通信의 Key인 Technology인 한편 高集積化는 Computer 분야

의 기본 要素 技術이며, 兩者가 車의 앞뒤 바퀴처럼 서로 조화되어 현재의 Communication and Computer 時代를 창조해 가고 있는 것으로 평가된다.

이러한 Innovation(革新)을 뒷받침해 온 材料 技術 중에서 Silicon의 超微細加工技術과 함께 망각해서는 안 될 것이 Gallium 砒素, Indium Ring 등을 Base로 한 III·V族 化合物 半導體 技術과 超低損失 光Fiber 技術일 것이다. 특히 이런 技術은 Opt Electronics라고 불리어지는데 종래의 電子技術 延長線에 있으며, 나아가서는 電子技術과 상호 작용을 통해 합해지면서 새로운 분야를 創出하고 있다.

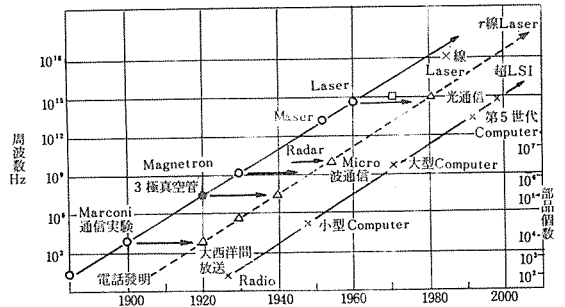


圖 1 高周波數化의 動向

따라서 금후 Electronics의 動向을 豫측하기 위해서는 Opt Electronics(光電子) 材料의 展望 없이는 논할 수가 없을 것이다.

1. Opt Electronics란?

Opt Electronics는 60年の Laser 出現과 함

계 탄생하여, 70年代 超低損失 光Fiber의 開發과 더불어 발전해 왔다고 하는 新技術 분야이다. 16世紀에 天體를 관측하기 위한 望遠鏡用으로 개발되었던 Lens 및 凹面鏡을 그 근원으로 하는 光學은, 71年 맥스웰에 의해 출현한 光과 電磁波를 통일적으로 취급하는 電磁波論에 의해서 電子工學과 公同의 기초를 지니게 되었다.

그러나 學問으로서의 前者는 物理學의 領域에서 Lens의 收差論 및 Holography의 연구로 향하고, 後者는 電子回路 및 通信의 연구 쪽으로,

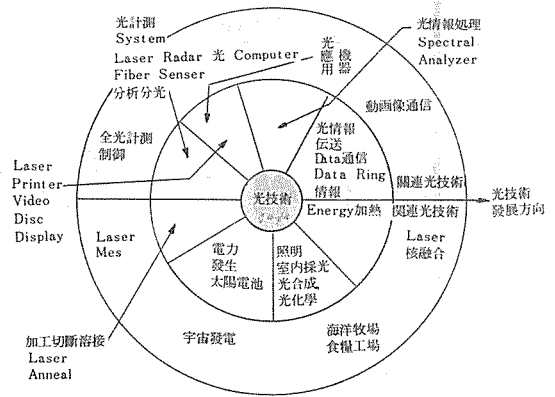


圖3 光技術과 그 適用 分野

그들이 배경으로 하는 産業 구조의 차이점에 의해, 반드시 兩者의 상호 상승작용은 활발하게 실행되어 왔다고는 할 수 없게 되었다. 처음 부분에서 서술한 바와 같이 Laser와 光Fiber의 出現이 兩者의 울타리를 치워 버려, 光學과 電子工學이라고 하는 2가지의 전통적인 學術 분야의 境界 영역으로 Opt Electronics라는 새로운

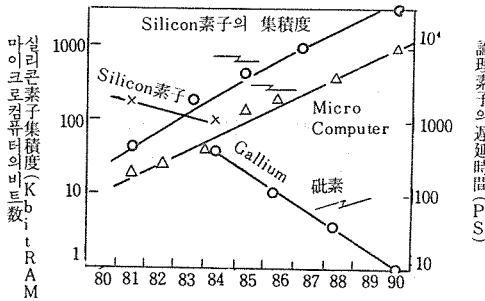


圖2 集積度の 向上과 遲延時間의 減小 動向

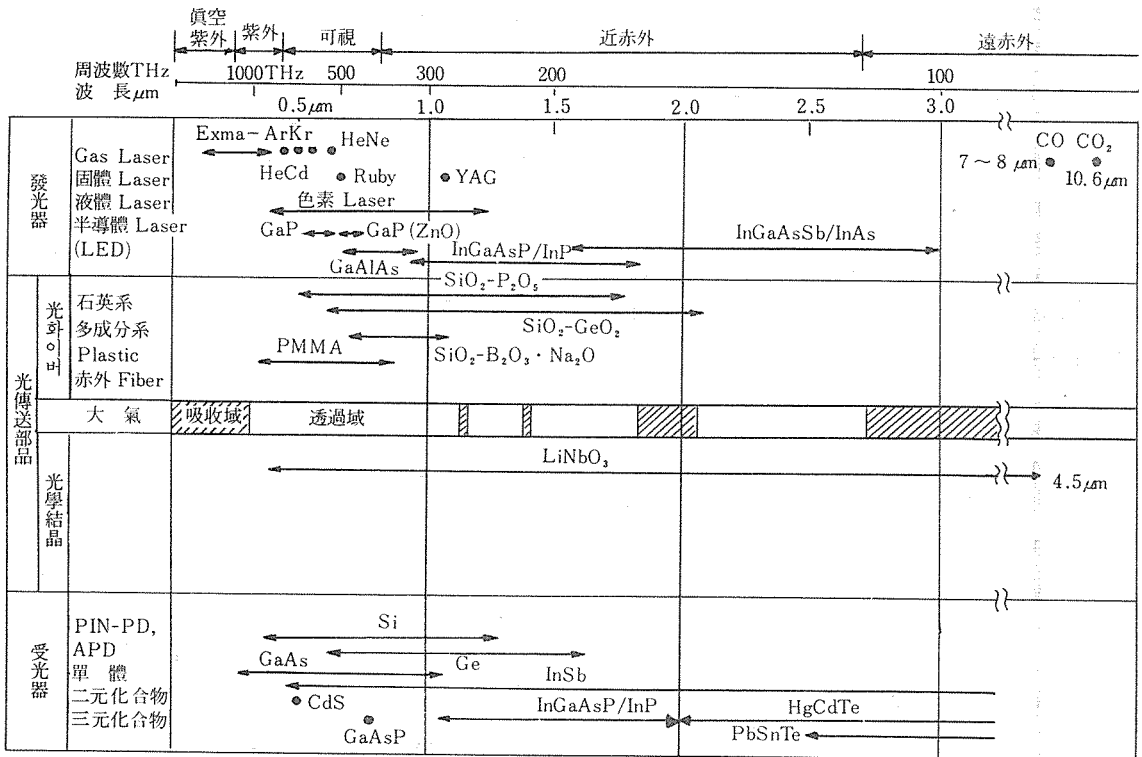


圖4 Opt Electronics 材料의 使用 波長

工學이 계속 육성되고 있는 일은 대단히 흥미가 깊다.

電氣에서 Electronics가 情報과 Energy를 담당하는 것같이, 光 분야에서도 Photon(光子)이 情報과 Energy를 맡고 있다. 圖3에 Opt Electronics가 취급하는 영역을 나타냈다. 同心圓의 內側은 정말 현재 진행중에 있는 技術이며, 次世代의 大型 技術을 指向해서 外側으로 발전되어 갈 것으로 보이는 모양을 나타내고 있다. 다음으로 Opt Electronics를 뒷받침해 주는 材料에 대해서, 사용 波長(周波數) Scale로 전망해 보자. 圖4에서와 같이 0.1 μm 의 眞空紫外 영역까지 광범한 波長帶域을 목적별로 여러 가지 材料가 개발되어 왔다.

특히 神이 마련해 주었다고 말하는 波長과 1~0.8 μm 帶와 1.3~1.5 μm 帶가 있다. 다시 말하면 光Fiber의 超低損失 상태의 窓이 이 영역에 존재하는 동시에 光源으로서의 Laser도 InGaP, GaAlAs(0.8 μm 帶), InGaAsP(1.3~1.5 μm 帶) 등이라고 하는 대단히 안정된 結晶이 구해지고, 한편 光檢出器로서도 Si, Ge 材料가 이 波長에 적응하는 등 光通信 System에는 잘 조화된 自然의 혜택과 人類의 英知가 조화된 技術革新의 典型的인 例라고 말해도 좋다.

2. Opt Electronics 材料의 發展

Opt Electronics 材料 중 대표적인 것은 Laser와 光 Fiber이다. 여기서 光 Fiber를 예로 들면서 그 發展 動向을 전망해 보자.

圖5는 잘 알려져 있듯이 光 Fiber의 低損失化가 매년 어떻게 진전되어 갈 것인가를 나타내고 있다. 70年代初 Corning社가 개발한 20dB/km의 石英系 Glass Fiber는 매년 對數 Scale로 低損失化가 진행되어 78년에는 1.55 μm 에서 0.2dB/km라고 하는 論理限界에 가까운 値가 구해졌다. 한편 Plastic Fiber도 材料의 PMMA를 精製하는 것과 동시에 PMMA 중의 水素를 重水素化한다고 하는 획기적인 Idea로서 0.66 μm 에서 20dB/km라고 하는 Champion Data가 얻어진다.

圖6에서와 같이 波長이 길어짐에 따라 光Fiber 固有의 損失이 감소되어 감을 알 수 있다.

따라서 光Fiber 材料는 石英 Glass系의 長波長 限界에 있는 2 μm 을 초월해서, 非酸化物系의 Glass쪽으로 探索의 눈이 넓어지고 있다. 현재 實用的으로 더욱 적합한 材料는 弗化物系 Glass라고 하는데 2 μm 에서 4dB/km라고 하는 損失値가 이미 가능하다. ZrF₄를 Base로 한 Glass Fiber는 3.5 μm 帶에서 10⁻³dB/km라고 하는 경이적인 低損失의 窓을 갖고 있으며 次世代의 海底 Cable 및 장거리 通信 幹線用 Cable 로서 기대된다.

한편 光 Power의 傳送線路에 대한 개발도 활발히 이루어지고 있다. 통상 高出力 Laser로서는 炭酸Gas Laser가 사용되고 있으며 그 發振 波長은 10.6 μm 이다. 따라서 이 영역에서 透明한 材料는 TlBr, KBr 등의 Halogen化合物이 쓰여지고 있다.

그 중에서도 유망한 材料는 KRS-5 (TlBr-TlI의 混晶)이라고 하는데 1.2 μm 의 길이에서 20W의 炭酸Gas Laser 出力光을 傳送하는 일을 할 수 있다고 한다.

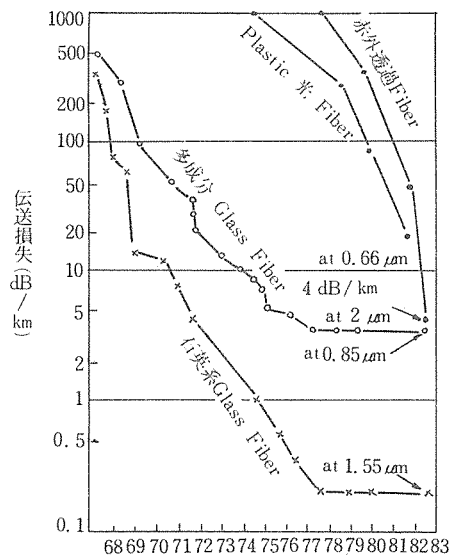


圖5 光Fiber의 低損失化 動向

瞬間値라면 100W에 가까운 Power도 傳送할 수 있으며, Laser 加工 및 醫用 應用에 대한 뜨거운 관심과 視線이 쏠리고 있다. 光Fiber만을 살펴보다라도 低損失化와 함께 材料의 다양화, 透過波長의 확대에 대한 노력이 계속되고 있으

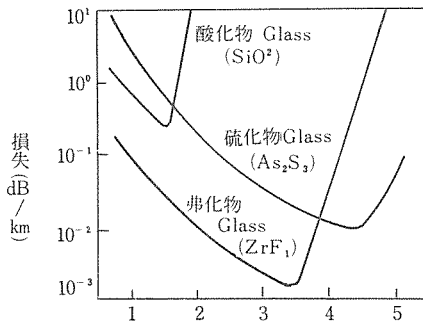


圖6 赤外線 Fiber의 超低損失의 予測例

므로 金후의 發展 動向을 주목해야 할 것이다.

여기서 電子部品에 對한 光部品の 位置附를 確實히 밝히는 일도 필요할 것이다. 表1에 나타난 것같이 電子部品으로부터의 Analogy(類推)로 고려해 보면 이해하기가 쉽다.

表1 電子回路部品과 光回路部品の 比較

	第 1 世 代	第 2 世 代	第 3 世 代
電子回路部品	眞 空 管 Condenser 抵 抗 器 Coil	Transistor PCB	I C L S I V L S I
光回路部品	Gas Laser Photomul Lens Mirror Prism	半導體 Laser Photo Diode 光Fiber 微小光學素子 (Micro Optics)	光集積回路 Single Mode Fiber 光導波路 Device
光通信方式 (使用波長)	光空中傳播 Lens Guide (0.6 μm)	Multi Mode 光Fiber通信 (0.8~1.3 μm)	Single Mode 光Fiber 通信 (1.3~1.55 μm)
光部品の으로서의 특 징	個別部品 및 그 組合	部品の 固體素子化 微小化 一體化 (Hybrid)	集積化 能動·受動部品の 一體化 (Monolithic)

念의 것이라는 것을 고려하는 게 좋다.

3. Opt Electronics素子の 中長期 展望

光産業의 장래 展望으로 자주 引用되는 것이 日本 光産業技術振興協會에서 82年 3月에 내놓은 「光産業의 장래 Vision II」라는 報告書이다. 圖7에 나타난 바와 같이 85年에 光産業의 규모

電子部品은 VLSI라고 하는 第3 世代에 들어 가고 있는 것에 對하여, 光部品の 是제 겨우 第 2 世代에 들어섰다고 해도 좋다. 各 部品の 微小化, Solid State化된 경우에 金후 集積化, 복합화가 進전되어 가는 것도 예상된다. 그러나 電子의 運動이 結晶인 原子의 Order임에 比해서 光子는 그 波長의 Order에서 集積化에 한계를 갖는다.

따라서 光集積回路라 해도 電子에서의 集積回路와는 거의 멀다. 그러나 光에는 電子에 없는 特色을 갖고 있다. 즉 다시 말하면 耐電磁 Noise, 波動으로서의 並列處理, 高傳送效率 등이다. 光集積回路라는 것은 Monolithic한 基板上에서 光情報處理를 한번에 처리할 수 없거나, 電子回路로 복합 集積化되는 일에 依해 論理演算을 시키거나 交換 機能을 갖게 하거나 하는 概

는 1兆円, 90年에는 2兆円을 넘고 2000年에는 12兆円에 달할 것이라는 대규모 豫測이다. 그리고 80年부터 2000年에 걸쳐서 年間 平均 成長率은 28%라고 하는 경이로운 高成長이 예측되고 있다. 이 中에서 材料에 關連되는 光部品の 內譯을 圖8에 표시하였다. 2000年 시점에서는 2兆 6,000억円이 넘는 市場 규모가 전망되고 있는데, 이것은 光産業 전체의 2割이 넘는 Sha-

re이다.

그 중에서도 石英系 Fiber와 太陽電池의 高成長이 전망되며 情報와 Energy라고 하는 Opt Electronics 분야에서 두 가지 要素部品이 돌출해 있는 점이 흥미 깊다. System 및 Device에 比較해 보면 어떻게 해서라도 檢索하게 되기 쉬운 材料가 光産業의 성장과 더불어 16~20%의 연간 平均 成長率을 金후 10年 以上에 걸쳐서 계속해 갈 것이 예측되는 것은, 高度 情報化社 會에 들어가고, 光通信網의 정비 및 光 Disc의 보급 등 새로운 需要가 창출되어 가는 것 이외 의 것은 아니다.

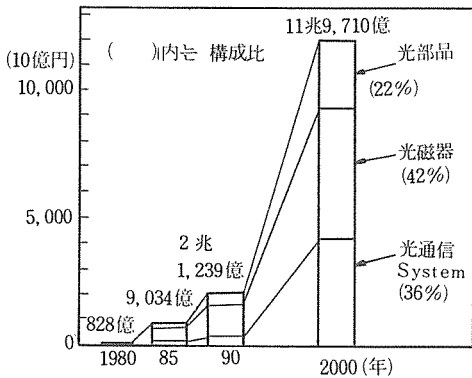


圖7 光産業 규모의推移

이 豫測 중에는 현재 通産省이 중심이 되어 추진하고 있는 「光應用計測制御 System의 開發」이라고 하는 National Project로 연구 개발되고 있는 未來 素子 OEIC(光電子集積回路) 및 현재 의 PCB에 있어서 代치될 것처럼 보이는 光

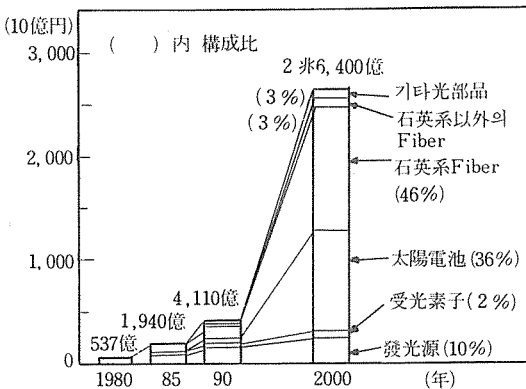


圖8 光部品の生産額推移

Print 回路 같은 新製品은 포함되지 않는 것으로 되고, 圖에 나타난 値가 장래의 生産 규모의 下限을 책임지고 있다 해도 될 것이다.

따라서 새로운 材料의 출현은 Positive Back을 촉진시켜 光産業 전체에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 예상된다. 또한 同協會에서 내놓은 「光産業의 中期展望 I (編輯者 註: 同冊子가 필요한 경우 韓國電子工業振興會로 연락 요망)」에서는 향후 87年 時點에서 光産業의 需要 규모가 數量 베이스로 예측되어 있는데, 그 중에서도 光部品の 성장률은 높다.

需要面에서 그 특징을 보면 年평균 성장률이 150%를 넘는 光部品이 현재와 5年 전과는 그 상황이 다른 점이 있다. 82年 시점에서는 可視 光 半導體 Laser 및 家庭用, 電力用 太陽電池, 長波長 半導體 Laser, 石英系 Single Mode 光 Fiber 등이었던 것이 87年이 되면 光分波·合波器, 2次元 Array型 受光素子, 短波長 半導體 Laser, 光岐·合流器, Avalanche Photo Diode, 光Switch 등의 제품으로 Shift해 갈 것이다.

이 豫測値의 배경에는 87年경이 될 때 고려되는 加入者系 光Fiber System의 需要 증가 및 光Fiber 計測 System, 光Fiber LAN, 光機器를 이용한 OA(Office Automation) 등의 實用化 시기와의 관계가 있을 것으로 예상된다.

어쨌든 장거리, 廣帶域의 光通信이 중심이던 技術 開發에서 Video, Audio 및 Computer 端末 등이 Opt Electronics化 되는 것으로, 家電用에 대한 應用이 가속화되어 가는 傾向이 보이고 있다.

우선 半導體 Laser의 需要 동향이 어떤가를 살펴보면, 半導體 Laser의 82年에 日本 국내 규모가 불과 6만 6,500개였던 것이 4年 후인 87年에는 203만개로 무려 30배의 성장에 예측되고 있다. 또한 需要 構成比를 調査해 보면 可視域 半導體 Laser가 점유하는 比率이 59%로 과반 수를 넘고 있다. 이어서 短波長帶 半導體 Laser의 39%, 長波長帶 半導體 Laser의 1.4%이 다.

이 需要 豫測은 光學式 Digital Audio Disc, Video Disc의 보급, 中단거리 通信 System의 實用化와 아주 밀접한 관계가 있고 이러한 光部

品の需要 구조를 밝히는 것으로서 光製品 市場의 상황을 살펴볼 수가 있다.

다음으로 受光素子の 需要 동향을 살펴본다. 受光素子라는 것은 Photo Diode, Avalanche Photo Diode, Photo Transistor, Array型 受光素子 등을 가리킨다. 受光素子 전체의 需要 규모는 82년의 약 280만개로부터 87년에는 1,670만개로 약 6 배의 성장이 전망된다.

需要의 구성으로 보면 Photo Transistor 60%, Photo Diode 35%로서 그 素子만으로 전체의 95%를 점유하고 있으나, 특히 주목해야 할 것은 1次元 및 2次元의 Array型 受光素子の 伸張이다. 현재 話題를 모으고 있는 8mm型 VTR과 知覺 Robot의 Image Sensor는 크게 기대되고 있는데 性能 향상과 Cost down 여하에 따라서는 급성장이 될 것으로 예상된다.

다음으로 太陽電池의 需要 동향을 보면 電卓에 대한 搭載를 계기로 81년에는 前年對比 250%의 伸張을 나타내어 1,024Kw의 市場을 創出하였다. 82년의 실적에서는 2,000Kw를 넘어 倍増한 것으로 전해진다. 87年度の 需要 규모는 35,800Kw로 추정되고 있고, 현시점에서는 電力用이 78%로 대부분을 점유하고 있으며 현재 수준에서 30% 정도 대폭 상승할 것이 예측되고 있다.

마지막으로 光Fiber의 需要 동향을 概觀해 보면, 87년에 가서 日本 국내 需要 규모는 약 70만km/년에 달하여 82年對比 20倍의 성장을 내다 보고 있다. 需要 구성은 石英系 Single Mode Fiber 18%로 계속되지만, 接續技術, 光源과의 結合技術 진보와 더불어 Single Mode 光Fiber의 보급이 특히 美國 등에서는 예상 이상으로 진척되고 있으며, Single Mode Fiber의 成長率이 높아질 것으로 예측하는 사람이 많아지고 있다.

그러나 이것은 幹線網을 중심으로 한 産業用이고 宅内 配線 및 自動車 등의 移動體, OA 機器間 등을 연결하는 光Fiber는 Plastic을 비롯하여 多成分 Glass 등을 材料로 하는 것의 需要가 왕성하며 오히려 Needs에 맞추어 多樣化 되어 간다고 하는 편이 좋을 것이다.

이상 光部品에 대해서 中·長期에 걸친 展望을 살펴보았으나, 어떤 光部品을 보더라도 종래

電子部品の 常識을 무색케 하는 높은 成長率을 나타내고 있다. 이러한 光部品을 뒷받침해 주는 것은 뭐니뭐니해도 材料 技術이며, 그 性能을 極限까지 追究해 간다고 하는 志氣 줄 모르는 開拓者 精神일 것이다.

材料의 개발은 직접 Device 및 System에 결부되는 일이 적고, 또 内部 Inertia가 크고, 일단 질주하기 시작하면 쉽사리 멈추어 설 줄 모르는 사람과 돈을 먹여 치우는 研究인 경우가 대부분이다. 그러나 光部品은 전체가 그렇다 해도 좋을 만큼 材料에 의존하고 있으며, 前述한 성장률이 실현될 것인가 아닌가 하는 것은 材料 技術의 진보 여하에 달려 있다고 한다.

4. 高度 情報化社會를 뒷받침하는 Opt Electronics 技術

83年은 世界 通信의 해였던 만큼, 各國에서 通信機器 Fair나 光通信에 관한 國際會議가 개최되었다. 또 New Media라고 하는 新單語가 Journalism을 탄 것도 같은 해였다. 종래, 放送 및 新聞 등 大量的 情報를 많은 사람에게 동시에 전한다고 하는 Mass Communication 에서, 光Fiber의 導入에 따라 雙方向 CATV 및 畫像 通信 서비스 등 지역별, 계층별의 個別 欲求에 대해서 對應이 가능한 Media를 실현시킬 수 있는 Tool을 손에 넣을 수 있게 되었다.

1對1의 個別情報 전달 수단으로는 오래 전부터 電話 및 Facsimile가 존재해 왔으나 단순한 音聲 및 畫像文字의 傳送에 불과한 것이었다. 금후는 加入者의 흥미 및 요구에 따라서 個別的으로 情報가 제공될 뿐만 아니라 TV畫像을 이용하여 遠隔地에 있는 複數의 사람들과도 會議를 할 수 있는 등 多樣性이 풍부한 情報 서비스가 가능하게 된다.

즉, 物體나 Energy와 마찬가지로 情報라는 것이 價値를 갖고 情報의 Cost, 情報의 生産性 등이 중요해져 가는 社會, 이것을 高度 情報化 社會라고 간주해도 좋다.

또 별도의 측면에서 살펴보면 高度 工業化 社會라고 하는 것은 편리성 및 효율을 社會의 價値 체계로서 취급해 왔으나 情報化 社會로 되면 생활을 즐기는 일, 즉 Fashion化 및 社會의 效

率化를 기해서 餘裕度를 높인다고 하는 價値觀의 轉換이 있을 것으로 생각하는 사람이 많다.

예컨대 放送 및 新聞같이 大量의 情報를 대다수의 사람들에게 동시에 전달하는 수단은 대단히 효율이 좋은 Media이다.

한편 雙方向 CATV 등에서는 加入者의 기호에 따라 선택된 情報가 그 加入者에게만 서비스 되었다고 하는 효율면에서 보면 극히 낮은 방식이라고 한다. 즉, 사회에 존재하는 다양한 價値觀을 공존조화시켜 가려면, 이렇게 불유익한 System을 Builtin시켜 사회의 餘裕度를 높여 가지 않으면 안 된다는 것을 이해할 수 있다.

물론 이러한 System을 제작하는 것에 사회를 이루고 있는 基盤 자체까지 흔들리게 할 만한 巨額 投資는 허락되지 않을 것이다. 즉 個性의 회복과 社會 System의 餘裕度 향상을 동시에 실현시킬 수 있는 技術로서 Opt Electronics를 고려해 보는 것이 어떨까,

光Fiber를 이용한 System은 종래의 電子系 System에 비해서 아직 저렴하다고는 할 수 없다. 오히려 당면 經濟 效率만으로 판단하면 특별한 경우를 제외하게 될 때 過失이 눈에 띄게 된다. 그러나 光Fiber는 아주 大量의 정보를 低損失로 傳送할 수 있는 능력을 갖고 있으며 餘裕도가 큰 傳送 媒體이면서 장래 개별적인 情報 서비스도 충분히 제공할 수 있다.

한편 光Disc 및 Audio Disc는 대단히 높은 質의 畫像, 動畫, 音聲을 재생할 수 있고 人間이 지닌 고도의 感性에 대해서도 충분히 적용할 수 있다고 한다.

이와 같이 高度 情報化社會를 향해 스무스하게 展開해 가는 일을 實感할 수 있는 것은, Opt Electronics 技術의 진보를 눈으로 확인하고 있다는 것과 또 그 技術 없이 情報化社會는 실현

불가능하다고 하는 사실을 알고 있기 때문이다.

5. 結 語

Opt Electronics 産業이란 Laser 및 光Fiber를 Tool이라고 하는 橫型 水平産業 구조를 갖고 있다고 한다. 즉 鐵鋼業, 電力業, 機械産業 등의 傳統的인 産業이 갖는 수직적 피라미트 구조와는 취지를 달리 한다. 또한 同産業은 대단히 높은 知識集約型 産業이며 어느 나라든 國家의 産業 基盤을 지탱해 주는 기둥의 역할을 해 낼 수 있을 것으로 기대되고 있는 것이다. 마침 Laser와 光Fiber의 實現에 있어서는 材料 技術이 그 방아쇠 역할을 해주었다.

Transistor의 發明 이래 눈에 띄는 革新이 없었다고 일컬어지는 材料 분야에서 Laser와 光Fiber를 軸으로 다시 活況을 보이고 있으며, 연구 개발의 템포가 빨라지게 되었다.

電子 분야에서는 거의 克服되고 있는 集積化 및 複合化에 대해서, 光 분야의 경우 아직 시작 단계에 있다. 이 분야의 연구 개발을 추진해 가는 것과 동시에 電子가 지닌 특징, 高速 論理演算, 超高集積化 등과, 光子가 지닌 低損失 廣帶域 傳送 및 波動으로서의 並列處理 등의 특징을 상호 만들어서 상호간에 補完의 관계를 이루어 가는 일도 중요하다.

電子도 光子도 모두 Maxwell의 電磁方程式에 따라서 움직이는 것도 있으며, 상호 부부와 같은 관계에 있다. 가끔, 응용된 産業 분야가 다르기 때문에 겉보기에는 심하게 벌어진 거리가 있는 것같이 보였으나 Laser와 光Fiber의 탄생과 함께 다시 접근하여, 다시 밀접하게 되었다. Opt Electronics 분야는 再論할 필요도 없이 그 技術 基盤도 향후 더욱 깊고 넓게 발전되어 갈 것으로 기대되고 있다.