

技術展望

光 Fiber 傳送系統

李 炳 璿

韓國原子力研究所 計測制御研究室
研究員, 工博

光 fiber 傳送系統(optical-fiber transmission systems)은 通信뿐만 아니라 電子裝置系統 및 自動 process control에 도 가까운 將來에 重要한 役割을 할 것으로 期待되고 있다¹⁾. 이것이 實用될 것인가 아닌가가 問題가 아니라 언제 實用될 것인가가 問題로 남아 있다. 대체로 1980年代의 中間쯤 되면 이 技術은 可能할 것으로 보고 있다²⁾.

光을 利用하여 情報를 傳送하려고 하는 생각을 한것은 적어도 1870年으로 거슬러 올라간다.

그러나 laser의 發明으로 이 可能性은 비로서 確實하게 되었다. 光通信을 目的으로한 發光 diode (LED) 및 光通信方式에 가장 有望視되고 있는 常溫 cw 半導體 laser도 長壽命化에 成功하였으며 더우기 半導體 laser의 發光波長 附近에서 光 fiber의 傳送損失이 極小한 點이 있어서 大端히 有利하다. 그리하여 光을 利用하여 大端히 많은 通信量을 傳送할 수 있는 可能性은 밝아졌다.

低損失 光 fiber의 發見은 光通信의 展望에 새로운 契機를 마련하게 되었다. 얼마아니하여 光 fiber는 現在 우리가 線路나 同軸 케이블을 使用하는 것과 마찬가지로 많이 使用할지 모른다.

또한 光 fiber를 使用하면 多重 채널 多重搬送 波系統과 關聯된 렌즈를 使用한 光學裝置의 複雜性은 크게 除去된다.

過去 10年間 光通信의 研究는 適當한 透過媒質이 發見되지 않아 막혀 있었는데 1968年 英國

의 Standard Telecommunication Laboratory에 있는 K.C. Kao가 今日的 光 fiber의 可能性을 提示하였다. 그 當時 光 fiber의 損失은 1000dB/km이었는데 Kao는 純粹한 材料를 使用하면 損失을 줄일 수 있을것이라고 提示하였다. 그리하여 英國 遞信省은 自體 研究所를 비롯하여 工業界와 大學에서 純粹한 유리를 만들고 光 fiber 傳送問題를 探求하기 爲한 努力을 後援하였다.

얼마 아니하여 美國의 Bell 研究所와 Corning Glass 會社를 비롯하여 日本의 日本電氣會社 및 日本板유리會社 그리고 獨逸의 AEG-Telefunken 및 Siemen and Halske에서도 光 fiber에 關한 興味를 갖게 되었다.

1970년에 Corning Glass會社의 Kapron, Keck 및 Maurer가 數百m되는 單一-mode fiber의 損失이 0.6328 μ m 波長에서 最下 16dB/km라는 것을 發表함으로써 光通信의 可能性을 아주 밝게 하였다³⁾. 1973年 4월에 Corning Glass會社는 1.06 μ m 波長에서 約 2dB/km의 損失을 가지며 그림 1에 表示하는 바와같은 損失特性을 갖는 새로운 多重 mode fiber (fused silica fiber made by vapor deposition)를 製造하였다고 發表하였다⁴⁾⁵⁾

光 fiber의 材料로서는 石英유리가 가장 잘 研究되고 있고⁶⁾ 20dB/km 以下の 損失을 갖게 하기 爲하여는 不純物濃도가 數ppb(parts per billion) 以下이어야 한다⁷⁾

光 fiber用 材料로 利用되는 유리는 유리 fiber

製造過程에 必要한 要求와 유리 fiber를 實用的인 光通信系統에 利用하는데 있어서의 要求等 여러가지 特性을 갖추어야한다.

유리 fiber材料로서 要求되는 諸特性的 代表的인것은 1. 含有量이 通常 ppb인 遷移金屬 ion과 通常 ppm인 OH⁻ ion이 含有되어 있을 程度로 高純度이다. 2. 固有散亂이 적다. 3. 固有吸收가 적다. 4. 유리構成元素가 化學的으로 安定하다. 5. 成形이 容易하다. 6. 光學的特性等的 溫度依存性이 적다. 7. 機械的強度가 크다.

이 여러 特性中 光 fiber用 材料로서는 우선 첫째로 光信號의 傳播中의 減衰가 적게되는데 크게 關係되는 1~3의 特性이 優秀해야한다.

유리 製造原料 및 유리 製造過程에 유리에 混入되어오는 Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu 등의 遷移金屬 ion不純物에 依한 吸收損失은 固有散亂과 比較해서 大端히 큰 境遇가 있다. 이들 遷移金屬은 유리 組成에 따라서 spectrum上的 吸收位置 및 吸收強度가 다르기때문에 유리中에서의 이들 不純物遷移金屬의 舉動을 잘 檢討해서 基礎유리組成을 選擇해야한다.

또한 유리中에 OH⁻ ion으로 殘存하는 물도

가장 重要한 不純物 役割을 하여 光吸收의 原因이 된다. 一般的으로 火災加水分解에 依해서 製造된 石英 유리는 OH⁻ 基가 高濃度로 含有되는 것이 特徵이다. 따라서 石英 유리의 低損失化의 研究開發은 어떻게해서 殘存 OH⁻ ion을 減少시키는가하는 問題를 解決하는것이다. Corning Glass 會社는 일찍부터 이 問題를 集中的으로 研究해서 上記의 約 2dB/km의 低損失 多重mode fiber의 開發에 成功한 것이다.

그림 2에 重要한 光 fiber의 型的 斷面圖를 表示한다⁸⁾. 그리고 各 斷面圖 위에 그 fiber에 對한 屈折率의 斷面에 對한 代表的인 變化를 表示한다. 킷수에 對한 實感을 갖게 하기 爲하여 代表的인 몇個의 킷수도 아울러 表示한다.

가장 單純한 fiber는 그림 2a에 表示한 單誘電體 또는 無被服 fiber이다. 誘電體의 屈折率은 n₁이고 周圍에 있는 媒質은 n₀이어서 fiber의 表面에서 屈折率은 非連續的으로 된다. 代表的인 屈折率은 유리 fiber가 n₁ ≈ 1.5이고 周圍가 空氣일 境遇에 n₀ = 1이다. Guided wave의 field는 fiber의 表面에도 相當히 나타나서 若干의 field는 周圍의 空中까지도 나오게 되어 無被服 fiber는 무엇으로 支持만 하여도 傳送特性이 變하기

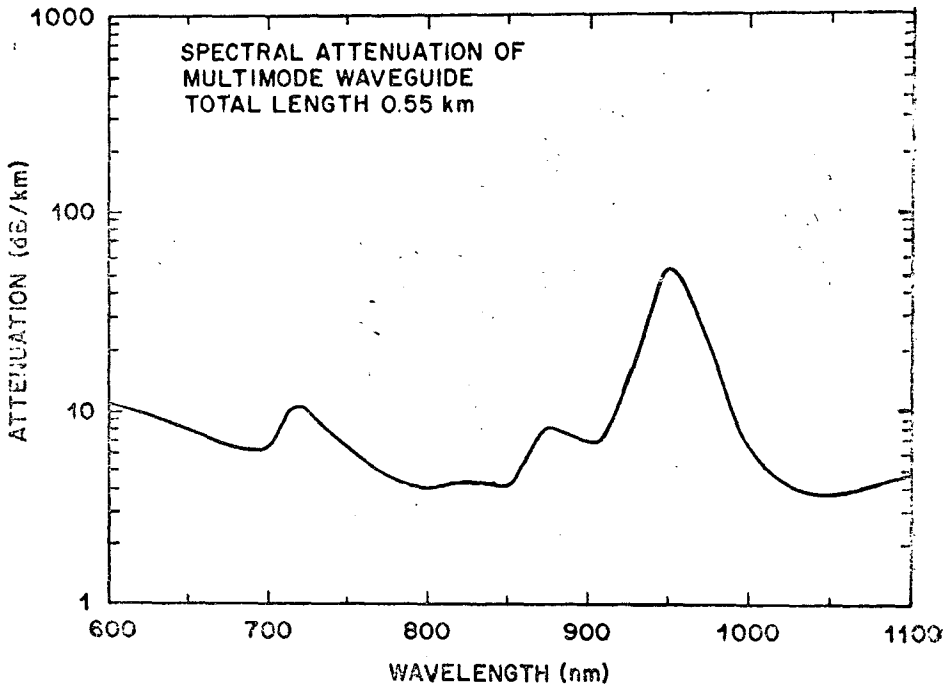


그림 1. Fused silica multimode fiber loss versus wavelength.

때문에 實用的이 못된다.

다른 6가지 型은 實用的인 fiber를 表示하는 데 이 中에서 그림 2b와 c를 보면 中心 core는 半徑이 a 이고 屈折率은 n_1 이며 若干 낮은 屈折率 n_2 로 싸여 있다. 여기에

$$n_2 = n_1(1 - \Delta)$$

이고 $\Delta \ll 1$ 이다. 이런 條件下에서 그림 2b의 境遇와 같이 $a \approx 5\mu\text{m}$ 일때 單一 mode의 傳播가 可

能하다. 그림 2c는 多重 mode의 傳播가 可能한 境遇이다. 두가지 境遇에 guided-wave field는 주로 半徑 a 의 core 領域에 制限되며 若干의 field는 n_2 인 周圍로 나오게되나 그 field는 半徑에 따라 거의 指數的으로 減衰되어 直徑 d 의 fiber의 外部表面에서는 無視할 수 있을 程度로 적게 만 들 수 있다. 따라서 이런 fiber는 무엇으로 支持할 수도 있고 傳送特性에 影響을 미치지 않고 取扱할

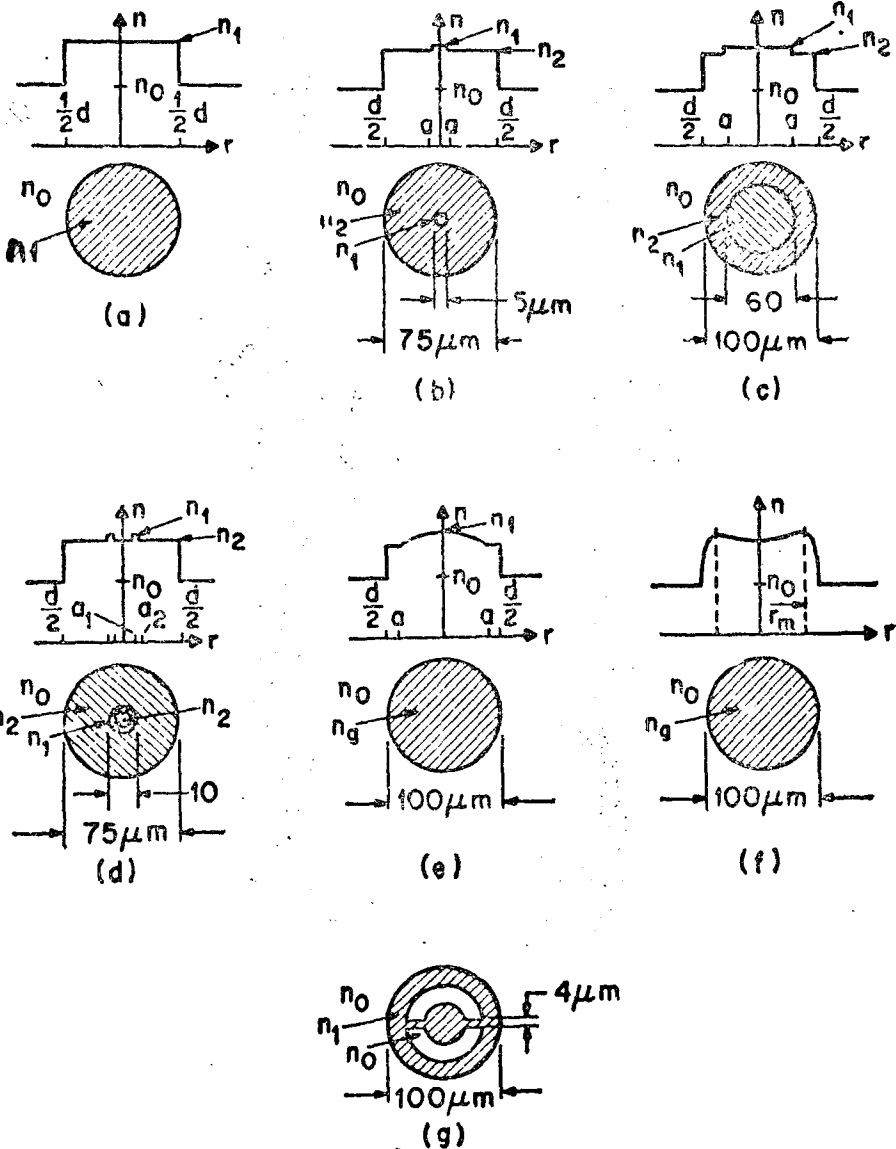


그림 2. Cross-sectional drawings for various fiber types, and their associated index of refraction profiles. (a) Unclad fiber, (b) Single-mode clad fiber, (c) Multimode clad fiber, (d) Dielectric-tube fiber, (e) Parabolic-index fiber, (f) Graded-index fiber, (g) Single-material fiber.

수 있다. 이것들의 型 以外에 獨逸의 Telefunken 研究所에서는 flat flexible ribbon cable 型으로 되어 있는 光 fiber도 研究되고 있다.

光 fiber의 長點으로는

1. 直徑이 가늘다. fiber의 直徑은 75~125 μ m 이다.
2. 꾸부릴 수 있는 半徑이 작다. 注意해서 設計를 하면 數 cm까지 可能하고 거의 모든 fiber는 10cm 程度는 된다.
3. 無傳導性이고 無誘導性이다.
4. 廣帶域幅이다. 100MHz의 帶域幅을 가지고 있고 LED 搬送波發振器로 14Mb/s (megabit per sec)로 10km 以上 傳送할 수 있고 laser源으로는 100Mb/s로 10km 以上 傳送할 수 있다.

5. Crosstalk가 작다.

短點으로는

1. Fiber를 cable로 만드는 問題
2. Fiber를 現場에서 잇는 問題
3. Fiber로는 直流通信號電流를 傳送할 수 없다.

以上으로 우선은 短距離室內等에 應用될 수 있도록 開發될 것으로 생각되며 나아가 大都市나 大都市 相互間의 多重通信이 實現可能하게 되어 가까운 將來에 約 300Mb/s로 中繼所間 損失이 約 30-40dB되는 digital fiber link가 技術的으로 實現可能하게 될 것이다. fiber 損失이 5dB/km인 것을 使用하면 中繼所間隔은 6-8 km가 된다. 보다 長期的으로 展望하면 한 個의 低損失 fiber로 3000km의 言虎를 10km] 以上 傳送할 수 있는 것도 技術的으로 可能할 것으로 보인다.

計劃分野에서도 다음10年이나 20年 사이에 現在 이 分野가 microwave 領域을 cover하고 있는 것과 相當가지로 光 fiber를 利用하여 赤外線 및 可視光線의 spectrum까지 cover할 수 있을 것도 아주 可能하다.

參 考 文 獻

1. B.M. Oliver: "Instrumentation '74," IEEE Spectrum, vol.11, no. 11, pp.44-45, November 1974.
2. H. Falk: "Technology Forecasting I, Communications," IEEE Spectrum, vol. 12, no. 4, pp. 42-45, April 1975.
3. F.P. Kapron, D.B. Keck, and R.D. Maurer: "Radiation Losses in Glass Optical Waveguides," Appl. Phys. Lett., vol. 17, pp. 423-425, November 15, 1970.
4. D.B. Keck, R.D. Maurer, and P.C. Schultz: "On the Ultimate Lower Limit of Attenuation in Glass Optical Waveguides," Appl. Phys. Lett., vol.22, pp.307-309, April 1, 1973.
5. P.C. Schultz: "Preparation of Very Low-Loss Optical Waveguides," Presented at the 75th Annual Meeting of the American Ceramic Society, Cincinnati, Ohio (Abstract in Amer. Ceramic Soc. Bull., April 1973).
6. D. Gloge: "Optical Fibers for Communication," Applied Optics, vol.13, no.2, pp. 249-254, February 1974.
7. R.D. Maurer: "Glass Fibers for Optical Communications," Proc. IEEE, vol.61, no.4, pp.452-462, April 1973.
8. S.E. Miller, E.A.J. Marcatili, and Tingye Li: "Research Toward Optical-Fiber Transmission Systems," Proc. IEEE, vol.61, no.12, pp.1703-1751, December 1973.