

Optical Fiber

김재우

광섬유와 솔리톤의 설명

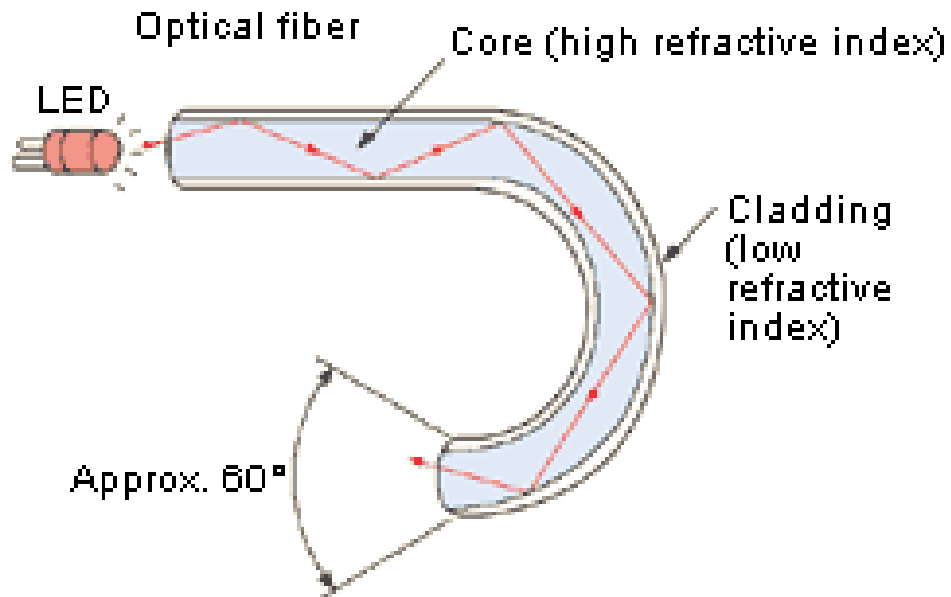
PART I

광섬유란?



빛 신호를 전달하는 가느다란 유리 또는 플라스틱 섬유
의 일종 (by 위키백과)

광섬유



광섬유의 장점

전송속도가 빠르고, 대용량이다

수명이 길다

신호의 간섭을 받지 않기 때문에 노이즈가 적다
(구리선 등에 비해)

솔리톤이란?



긴 거리까지 변형되지 않고 전파되는 파동

광섬유에서의 솔리톤

PART II

Optical Soliton의 발견

Zhakarov와 Sabat이 1971년에 'inverse scattering method'에서의 비선형 슈뢰딩거 방정식을 풀었다.

Hasegawa와 Tappert는 1973년에 그 NLS 방정식이 광섬유에서의 펄스의 전파도 지배한다는 것을 깨달았다.

그들은 밝고 어두운 솔리톤의 형성을 모두 예언했는데, 밝은 솔리톤이 1980년 Mollenauer 등에 의해 처음으로 관찰되었다.

Non-linear Schrodinger Equation

$$i \frac{\partial A}{\partial z} - \frac{1}{2} \beta_2 \frac{\partial^2 A}{\partial T^2} + \gamma |A|^2 A = 0$$

GVD of Optical Fiber

Fiber의 비선형 계수

$$\gamma = \frac{n_2 \omega_0}{c A_{\text{eff}}}$$

GVD란?

광학에서, GVD(Group Velocity Dispersion)은 분산매 (Dispersive medium)의 성질로, 매체가 '그 매체를 통과하는 광학적 펄스의 기간'에 어떻게 영향을 미치는지를 알아내기 위해 가장 많이 사용된다. 형식적으로, GVD는 각속도에 대한 물질에서 빛의 '군속도의 역'의 미분

$$\text{GVD}(\omega_0) \equiv \frac{\partial}{\partial \omega} \left(\frac{1}{v_g(\omega)} \right)_{\omega=\omega_0}$$

으로 표현된다.

From Maxwell Equation

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \frac{1}{\epsilon_0 c^2} \frac{\partial^2 \vec{P}}{\partial t^2}$$

빛의 속도

진공의 유전율

Induced Polarization

$$\vec{P}(\vec{r}, t) = \vec{P}_L(\vec{r}, t) + \vec{P}_{NL}(\vec{r}, t)$$

$$\begin{aligned} \vec{P}_L(\vec{r}, t) &= \epsilon_0 \int_{-\infty}^{+\infty} \chi^{(1)}(t-t') \cdot \vec{E}(\vec{r}, t') dt' \\ \vec{P}_{NL}(\vec{r}, t) &= \epsilon_0 \iiint_{-\infty}^{+\infty} \chi^{(3)}(t-t_1, t-t_2, t-t_3) \\ &\quad \times \vec{E}(\vec{r}, t_1) \vec{E}(\vec{r}, t_2) \vec{E}(\vec{r}, t_3) dt_1 dt_2 dt_3 \end{aligned}$$

From Maxwell Equation

$$E(r,t) = A(Z,t)F(X,Y)\exp(i\beta_0 Z) \text{ 로 가정}$$

$F(X,Y)$ is transverse field distribution that corresponds to the fundamental mode of single mode fibre.

$A(Z,t)$ is along propagation axis Z and on time t dependent amplitude of the mode.



수학적 조작

$$\frac{\partial A}{\partial Z} + \beta_1 \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{i\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = i\gamma |A|^2 A$$

Soliton in NLS Equation

$$i \frac{\partial A}{\partial z} - \frac{1}{2} \beta_2 \frac{\partial^2 A}{\partial T^2} + \gamma |A|^2 A = 0$$

Non-linearity
Influence

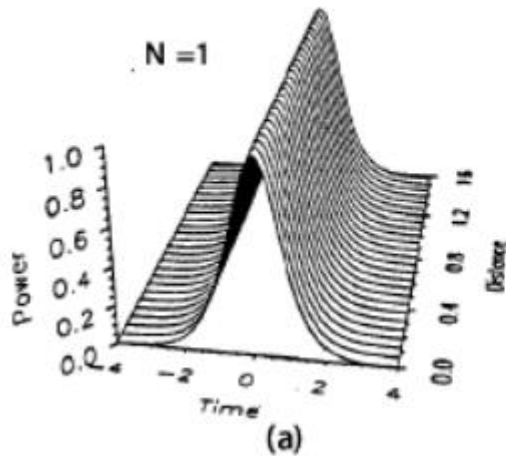
Dispersion
Influence

Solution

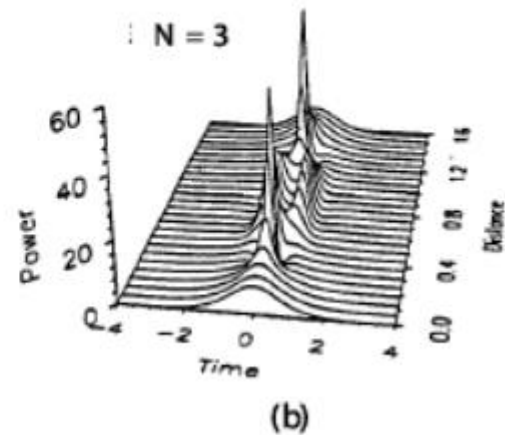
$$N^2 = \frac{\gamma P_0 T_0^2}{|\beta_2|}$$

해는 이 파라미터(soliton number N)에 의존

Fundamental soliton



Third order soliton



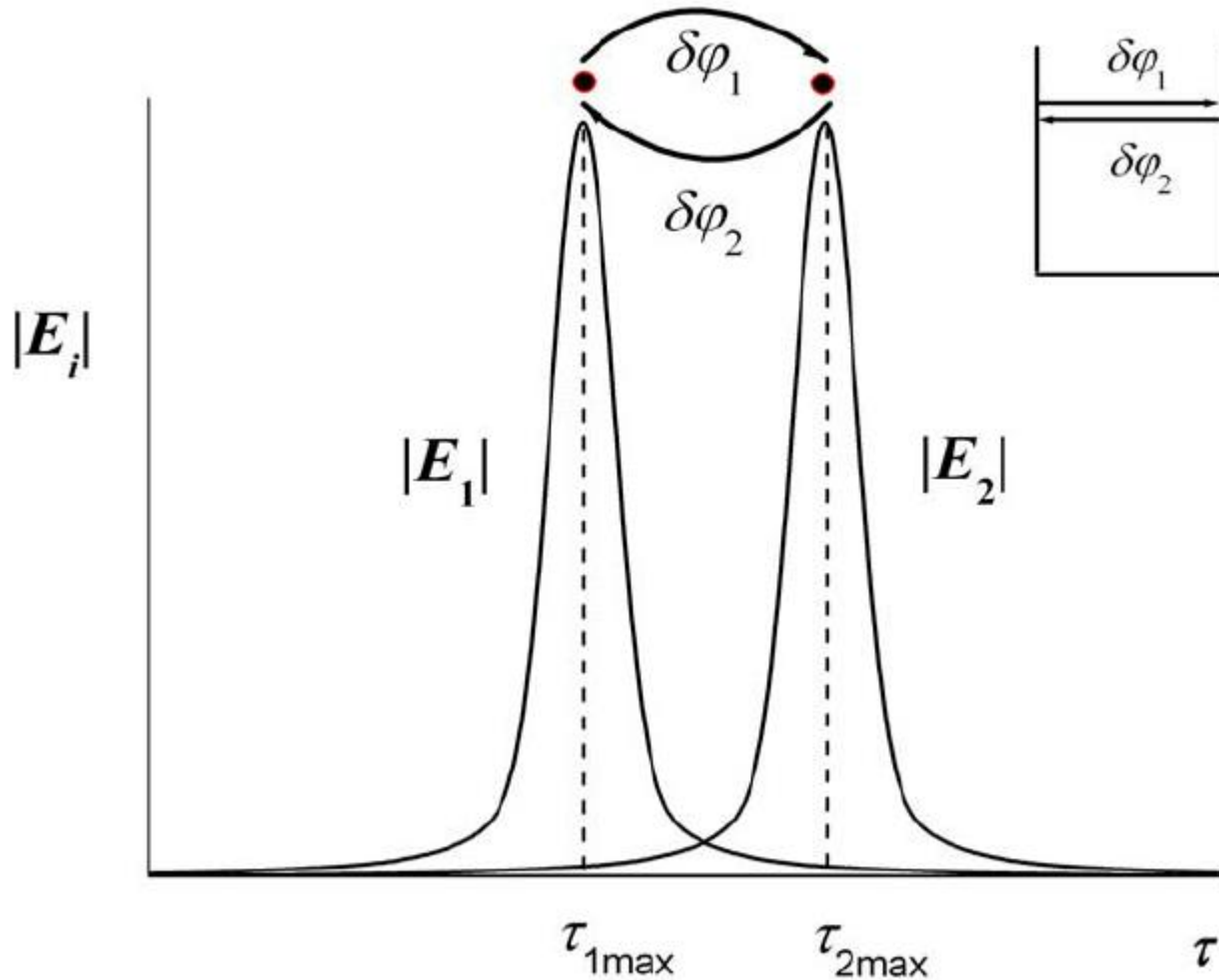
광통신에서 솔리톤의 중요성

광섬유 안에서 진행하는 광펄스가 시간이 지나면 점점 분산되어 에너지를 잃음



분산으로 인해 퍼지는 효과가 줄어들어, 광펄스가 증계기 없이 더 많은 거리를 움직일 수 있게 되고, 더 많은 정보를 담게 됨

현재 문제점



T. Y.