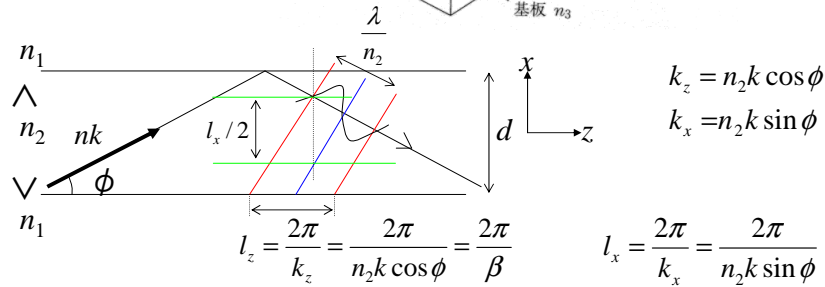
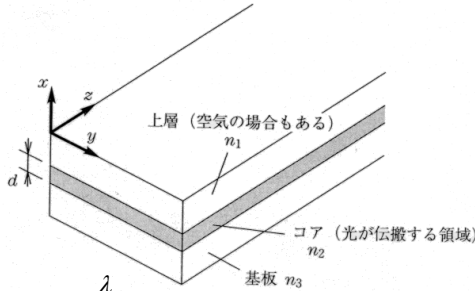


光の制御法

光導波路

- 半導体導波路
- 光ファイバー



$l_x, l_z$ : xおよびz方向の見かけの波長  $\beta = n_2 k \cos \phi$  伝搬定数

導波路内に安定に電磁界が存在する条件

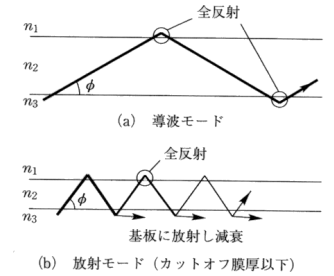
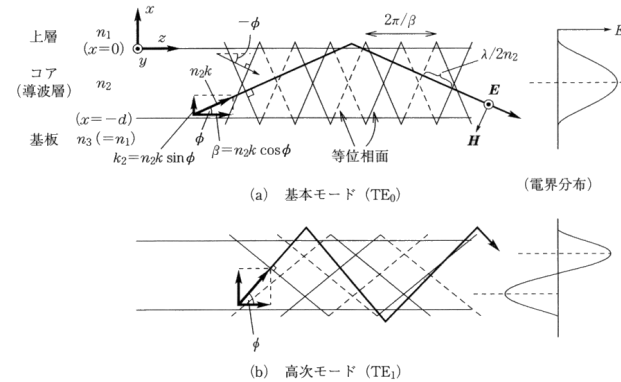
→ x方向に定常波

→ 全反射可能な角度

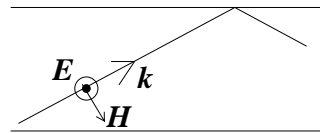
$$2dn_2k \sin \phi = 2\pi m \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

モード

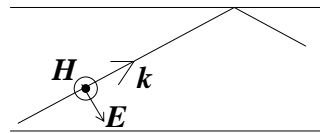
$$\cos \phi > \frac{n_1}{n_2}$$



TEモード (s波)

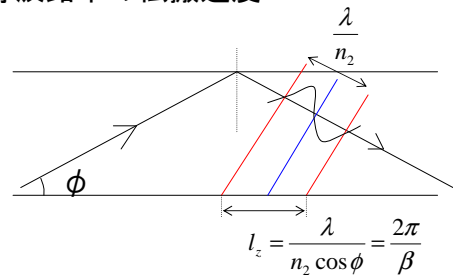


TMモード (p波)



$$v = \frac{c}{n_2}$$

導波路中の伝搬速度



位相速度  $v_z$

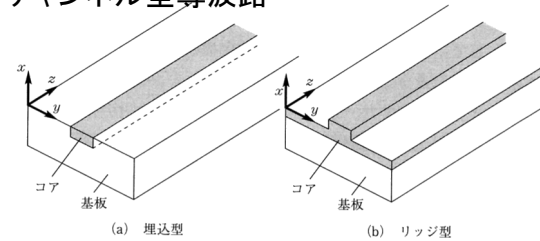
$$v_z = \frac{l_z}{1/f} = \frac{\lambda f}{n_2 \cos \phi} = \frac{c}{\beta/k}$$

群速度  $v_g$  等価屈折率

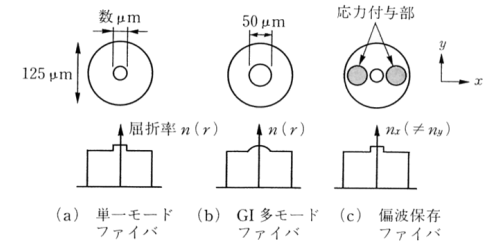
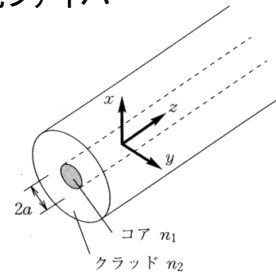
$$v_g = \frac{c}{n_2} \cos \phi$$

モードが異なると→phiが異なる→速度が異なる→モード分散

チャンネル型導波路

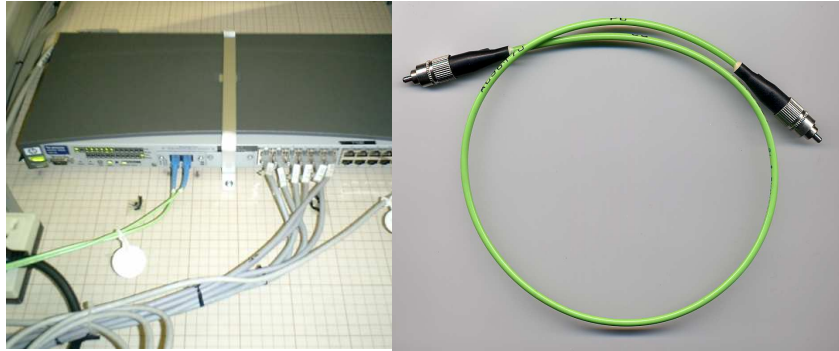


光ファイバー

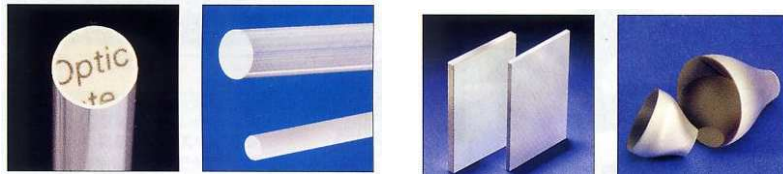


光ファイバの例

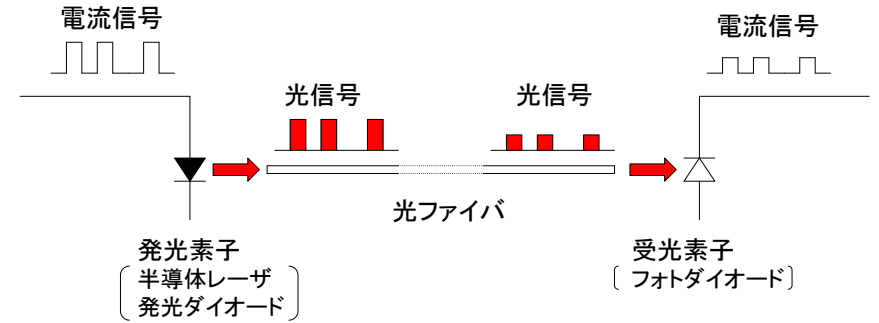
光ファイバ通信



イメージコンジット



光ファイバ通信



通信速度: 100Mb/s~100Gb/s → 分散によるパルス広がり  
 通信距離: 太平洋横断(10000km) → 損失による信号強度の減少

$\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ : 石英ファイバーで最低損失 (0.2dB/km)  
 → 長距離通信  
 $\lambda = 1.36 \mu\text{m}$ : 零分散 → 高速通信可能

光ファイバーによる光強度の損失

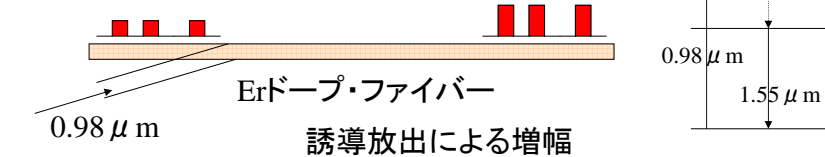
波長  $1.55 \mu\text{m}$  の光が、光ファイバ中を 15km 伝搬して半分の光強度。

日本~アメリカ間では光はほとんど到達しない。  
 → 途中で信号の増幅が必要。

・再生中継器

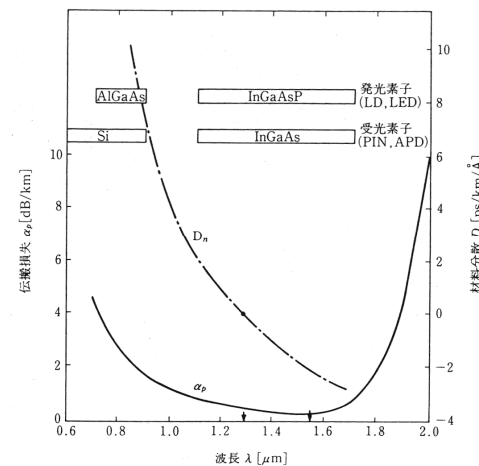


・ファイバー増幅



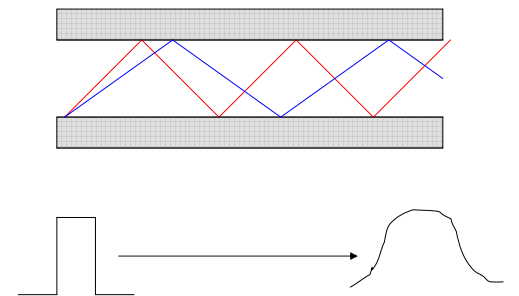
2つの分散

材料分散: 屈折率が波長に依存



1.3 micrometers では、材料分散が無い。

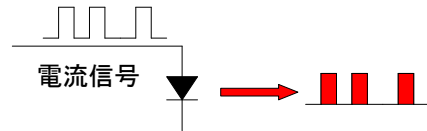
モード分散: モードにより速度が異なる



シングルモードファイバではモード分散はない。  
 → 高速通信用

信号: 光変調

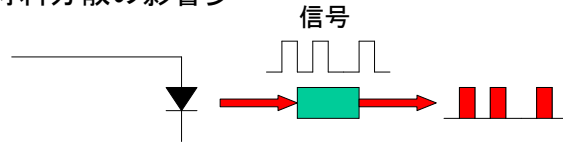
直接変調: LDの出力を直接電流で変調(10GHzくらいまで)



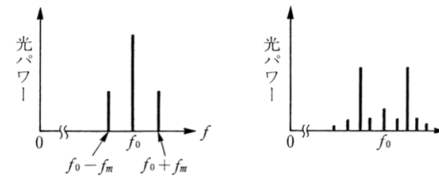
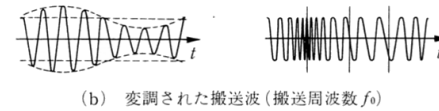
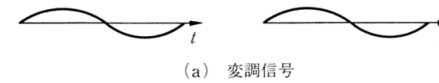
- 発振波長の不安定化
- 材料分散によるパルスの広がり

外部変調: LDの出力は一定。外部に光変調器(>10GHz)

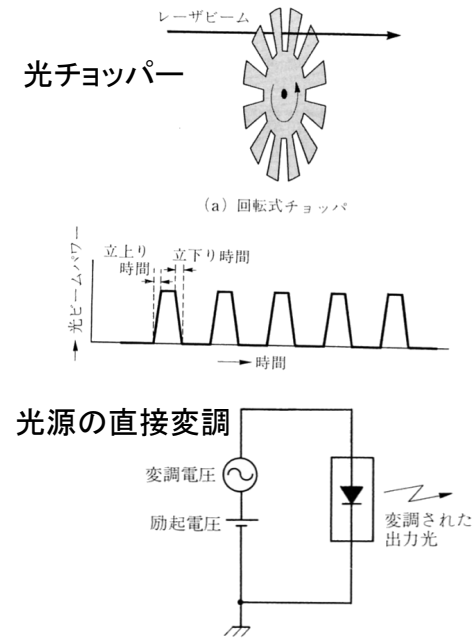
- 発振波長の安定化
- 材料分散の影響少



光強度の変調法



(A) AM (または IM) 方式 (B) FM 方式



課題

1. 中心波長が $1.55 \mu\text{m}$ で $1\text{nm}$ の波長幅を持つ光パルスが、光ファイバー中を $10\text{km}$ 進む時、光パルスはどの程度広がるか？  
また、この時通信できる限界の周波数はどの程度か？
2. 通信以外でどんなところに光ファイバーを用いられているか？