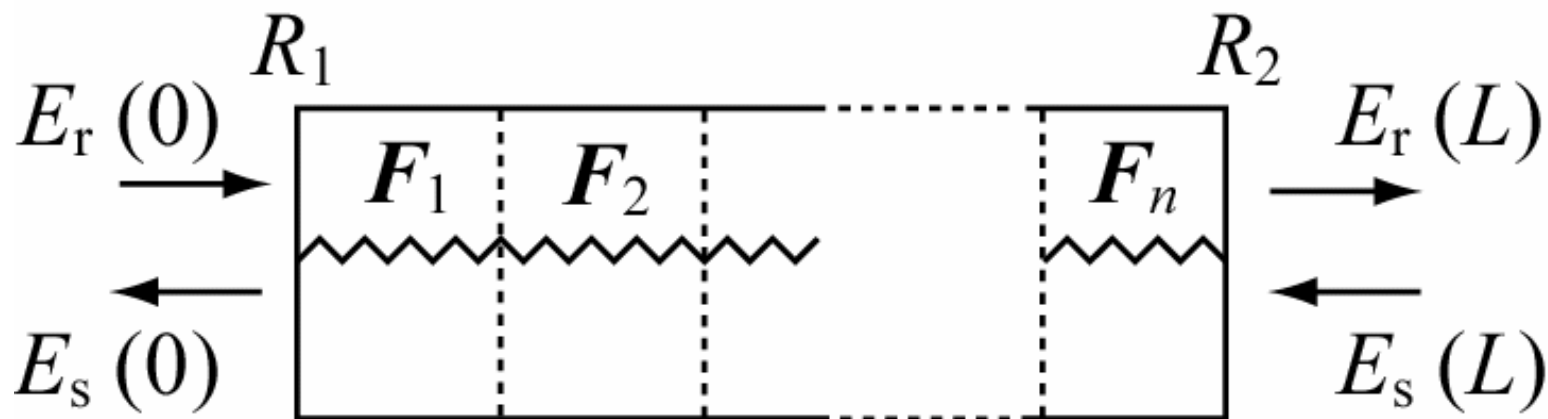


光共振器

■ 回折格子

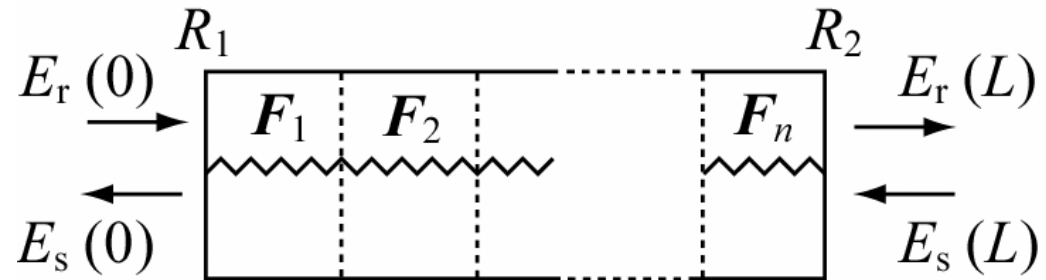


$$\begin{bmatrix} E_r(0) \\ E_s(0) \end{bmatrix} = \mathbf{F}_R \begin{bmatrix} E_r(L) \\ E_s(L) \end{bmatrix}$$

光共振器

■ 回折格子

伝達行列

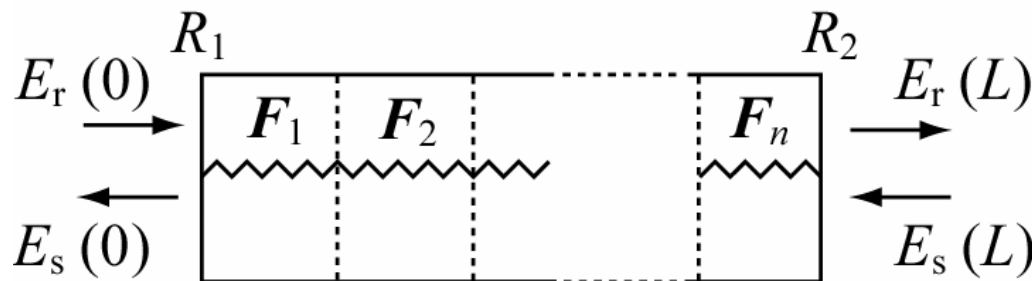


$$F_R = \frac{1}{\sqrt{(1-R_1)(1-R_2)}} \times \begin{bmatrix} 1 & -\sqrt{R_1} \\ -\sqrt{R_1} & 1 \end{bmatrix} \times \prod_i F_i \times \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{R_2} \\ \sqrt{R_2} & 1 \end{bmatrix}$$

光共振器

■ 回折格子

$$\mathbf{F}_i = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{bmatrix}$$



$$\mathbf{F}_{mm} = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma_i L_i) \mp \frac{\alpha_0 - i\delta_i}{\gamma_i} \sinh(\gamma_i L_i) \\ \pm i\beta_0 L_i \end{bmatrix} \exp(\pm i\beta_0 L_i)$$

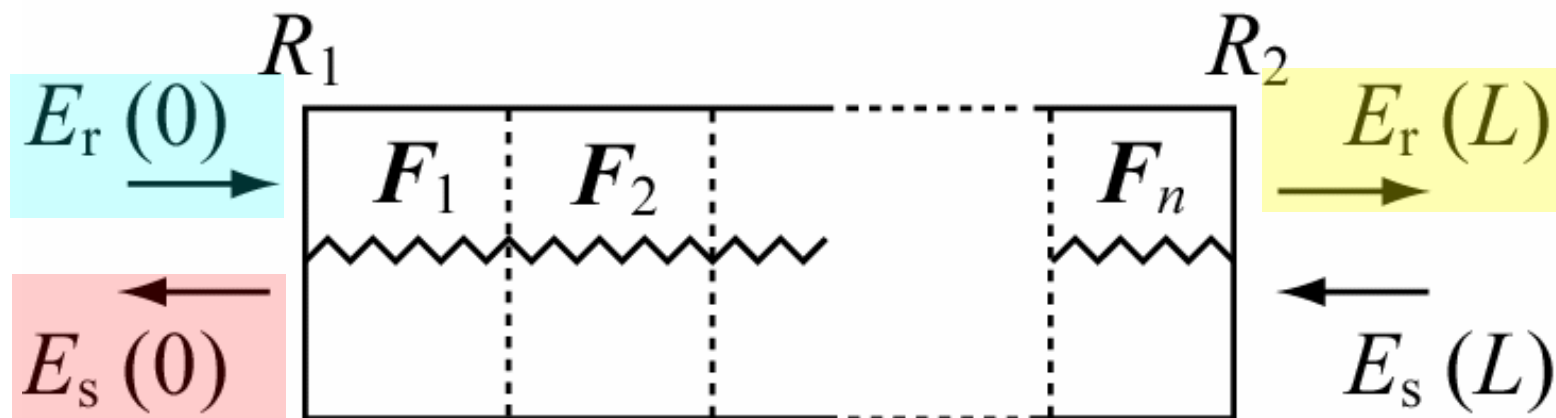
($m = 1, 2$: 複合同順)

$$\mathbf{F}_{mn} = \pm \frac{i\kappa_i}{\gamma_i} \sinh(\gamma_i L_i) \exp[\mp i(\beta_0 L_i + \Omega)]$$

($m, n = 1, 2$: 複合同順)

光共振器

■ 回折格子 透過/反射特性



入力: $E_r(0)$

出力: (透過) $E_r(L)$

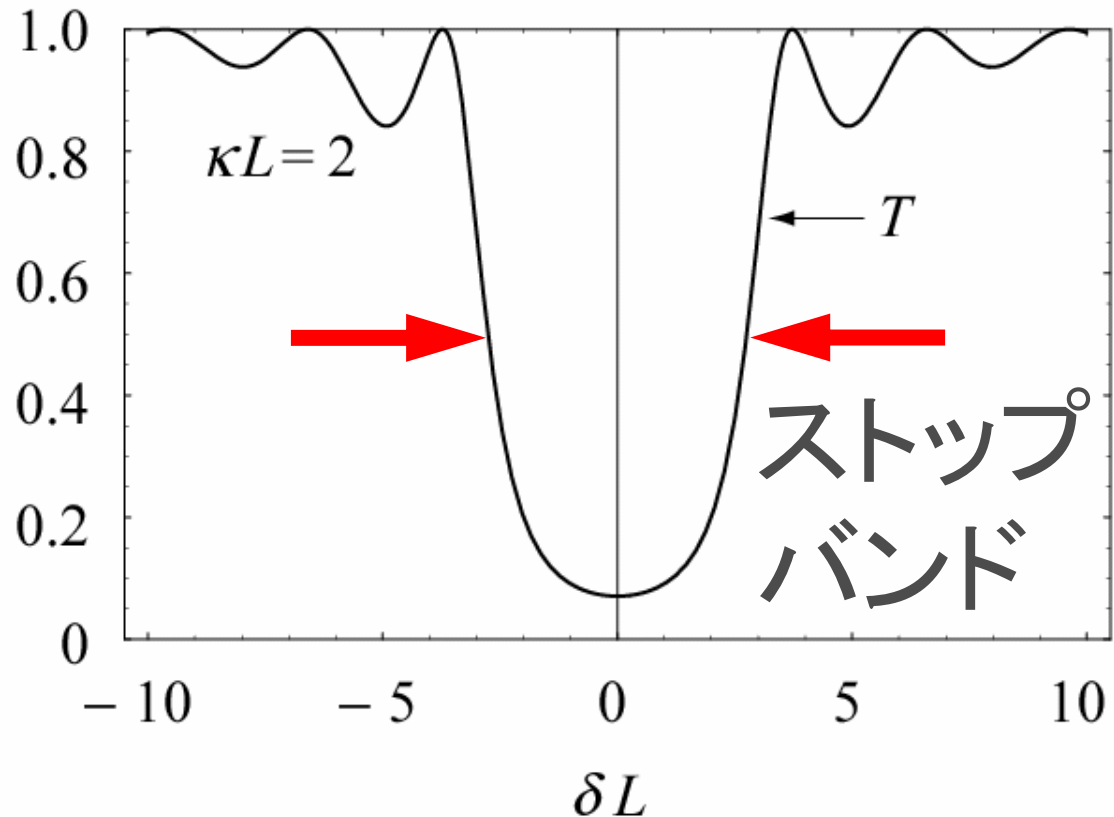
(反射) $E_s(0)$

光共振器

■ 回折格子

透過特性

$$T = \frac{1}{|F_{11}|^2}$$

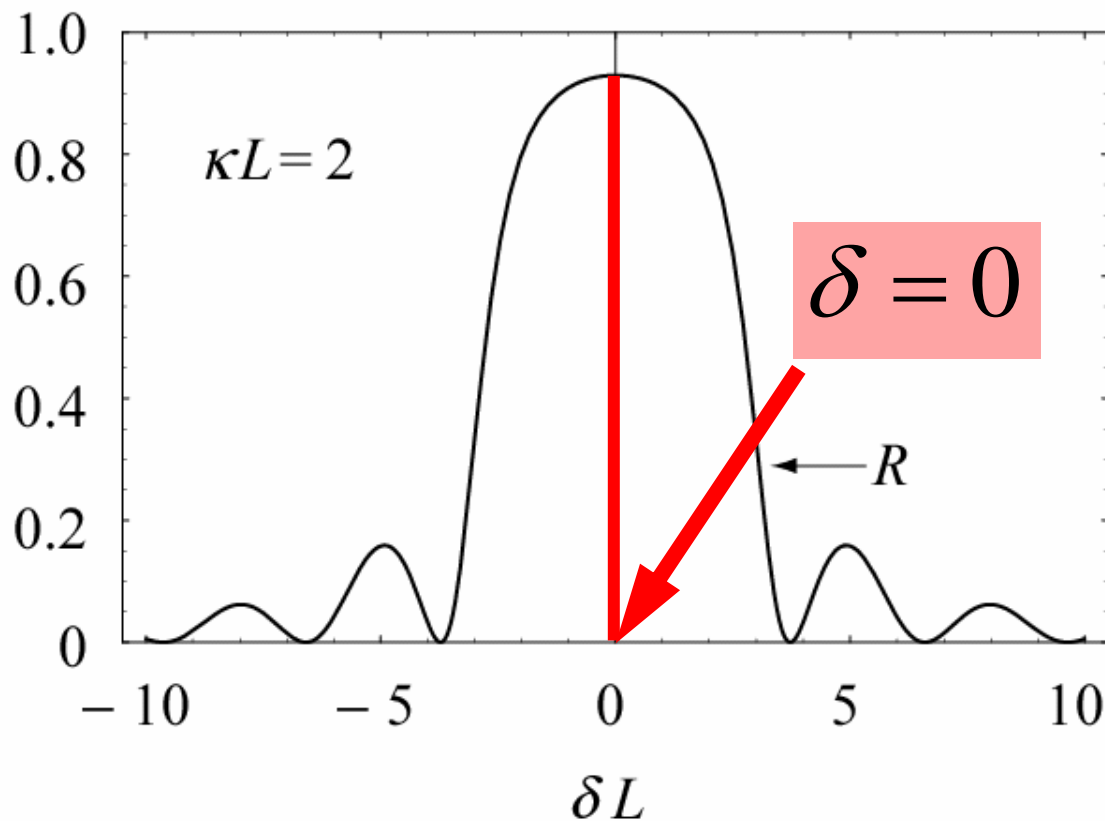


光共振器

■ 回折格子

反射特性

$$R = \frac{|F_{21}|^2}{|F_{11}|^2}$$



光共振器

■ 回折格子

ブラッグ波長

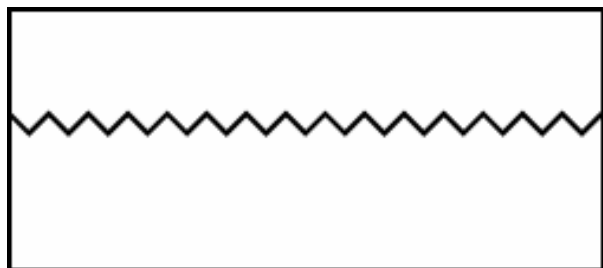
$$\delta = \frac{\beta^2 - \beta_0^2}{2\beta_0} = 0$$

$$\lambda_B = \frac{2n_{r0}\Lambda}{m}$$

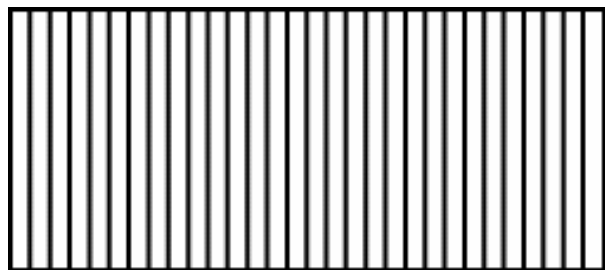
m : 回折の次数 (正の整数)

光共振器

■ 回折格子と周期的多層膜



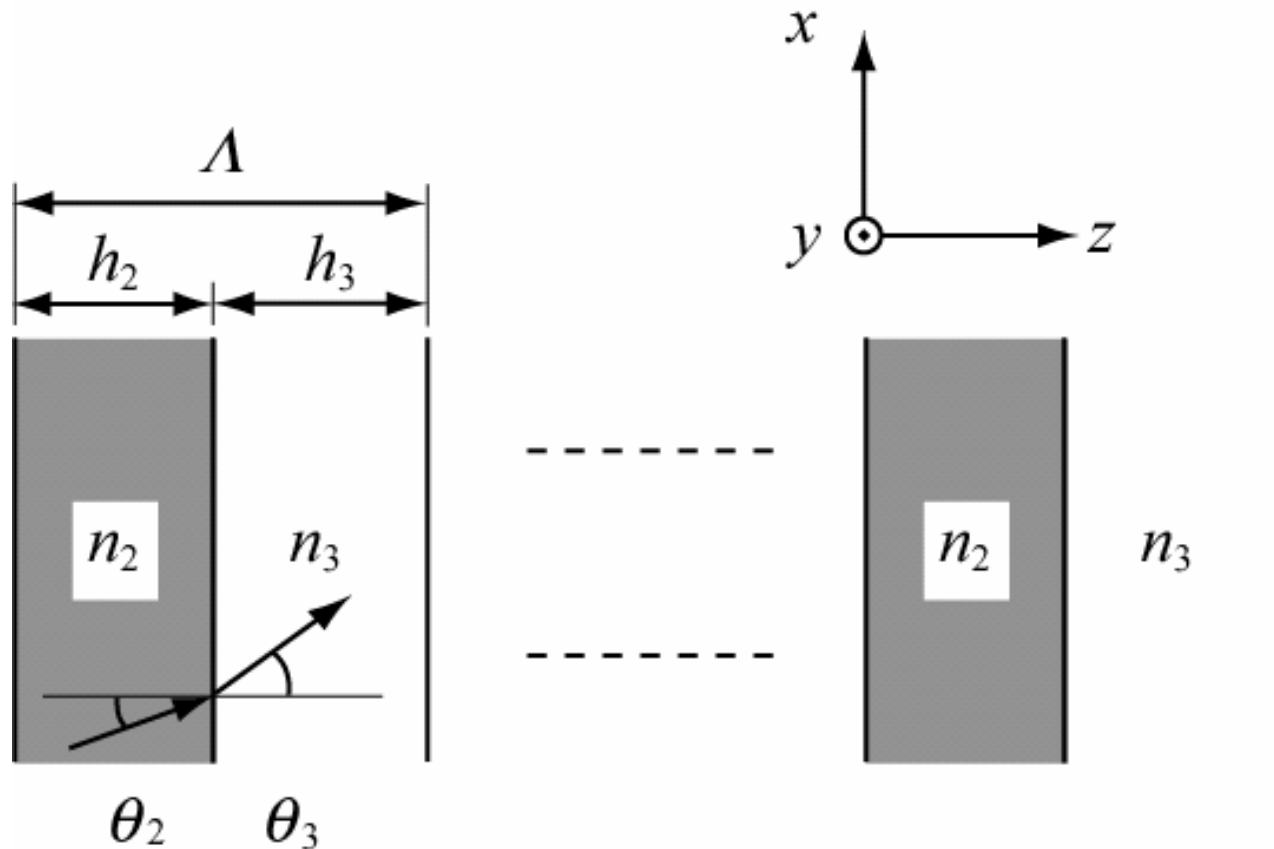
回折格子
結合波理論



周期的多層膜
分離法

光共振器

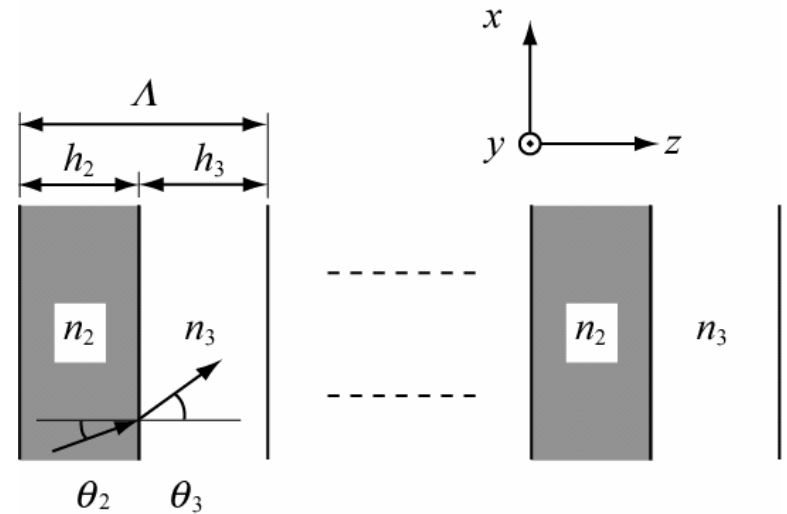
■ 周期的多層膜



光共振器

■ 周期的多層膜

$$\begin{bmatrix} U(0) \\ V(0) \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} U(z) \\ V(z) \end{bmatrix}$$



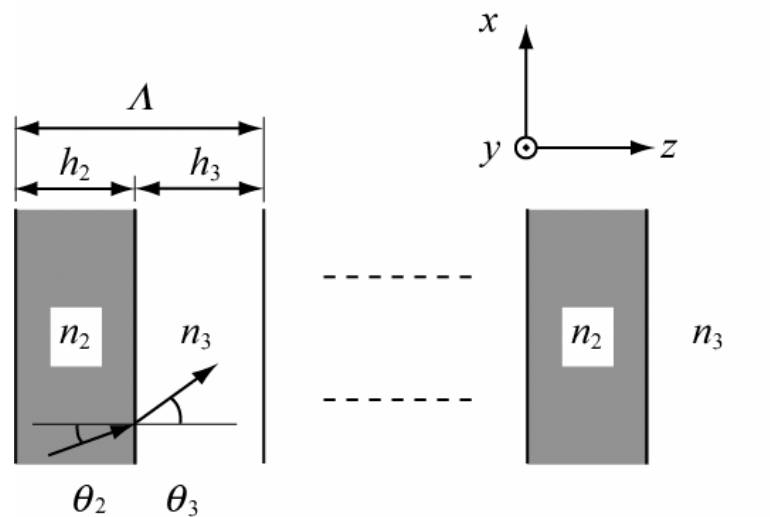
TEモード $U(z) = E_y(z), V(z) = H_x(z)$

TMモード $U(z) = H_y(z), V(z) = -E_x(z)$

光共振器

■ 周期的多層膜

$$\mathbf{M} = \mathbf{M}_2^N = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix}$$



TEモード

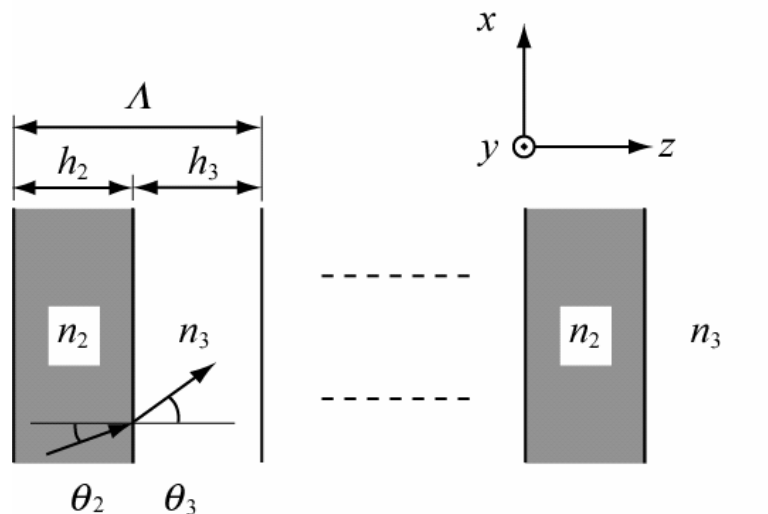
$$\mathbf{M}_2 = \begin{bmatrix} \cos \beta_2 & -\frac{i}{p_2} \sin \beta_2 \\ -ip_2 \sin \beta_2 & \cos \beta_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta_3 & -\frac{i}{p_3} \sin \beta_3 \\ -ip_3 \sin \beta_3 & \cos \beta_3 \end{bmatrix}$$

光共振器

■ 周期的多層膜

$$\beta_i = \frac{2\pi n_i h_i \cos \theta_i}{\lambda_0}$$

$$p_i = n_i \cos \theta_i$$



透過率

$$T = \left| \frac{2}{(m_{11} + m_{12}) + (m_{21} + m_{22})} \right|^2$$

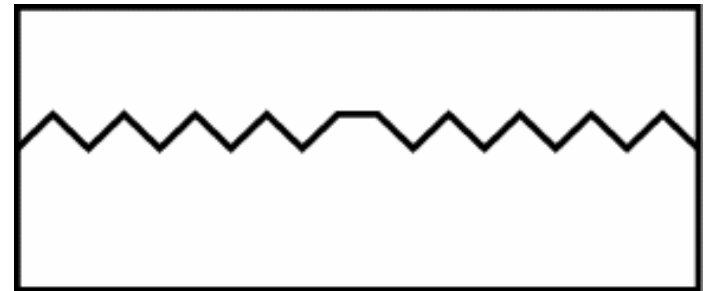
反射率

$$R = \left| \frac{(m_{11} + m_{12}) - (m_{21} + m_{22})}{(m_{11} + m_{12}) + (m_{21} + m_{22})} \right|^2$$

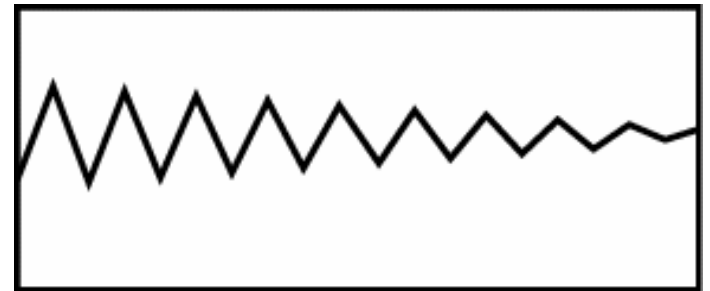
光共振器

■ 回折格子

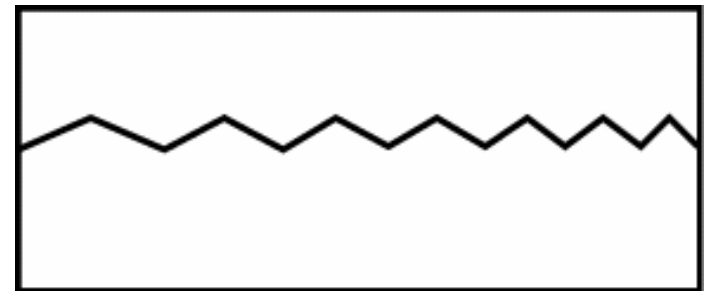
位相シフト型



テーパー型



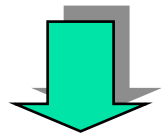
チャープ型



光共振器

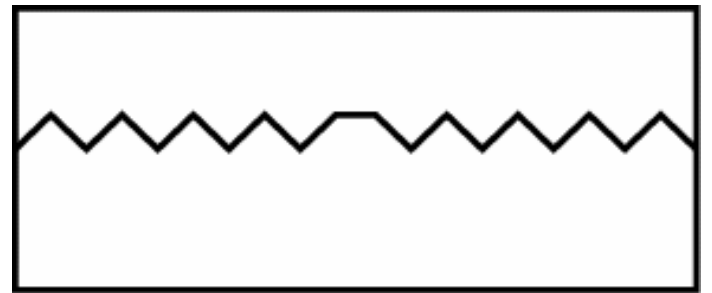
■ 位相シフト回折格子

単一波長発振



長距離・大容量

光ファイバー通信



位相シフトDFB-LD

特性：発光(発振)スペクトル

日本経済新聞

日電の開発した1.55ミクロン帯単一波長半導体レーザーの概念図

この部分(活性層)からレーザー光が出る

位相シフト領域

日電 光通信、伝送ロス最少
1.55ミクロン帯の半導体レーザー

日本電気は光通信の伝送ロスが最も少ない一・五ミクロン帯は半分の二ミクロン帯の単一波長半導体レーザーを開発した。同じ波長帯のレーザーがこれまで試作されているが、周辺の波長光が同時に出現し、実用に

日本電気は光通信の伝送ロスが最も少ない一・五ミクロン帯は半分の二ミクロン帯の単一波長半導体レーザーを開発した。同じ波長帯のレーザーがこれまで試作されているが、周辺の波長光が同時に出現し、実用に

新しいレーザー発振媒質は化合物半導体の一種であるインジウム・ムリドを基板材料に用い、波長を定める部分(回折格子)に「位相シフト回折格子」を導入した。波長の回折格子の一方所だけ波長を半分長くしたもので、独自の手法で製造した。これによりレーザー光単一波長に絞ることに成功した。

また新レーザーは発振波長がわずかに短波長側にずれるよう設計しており、超高速でレーザー光に歪みをかける仕掛けが実現している。このため長距離伝送だけでなく、大容量の光通信が可能になる。

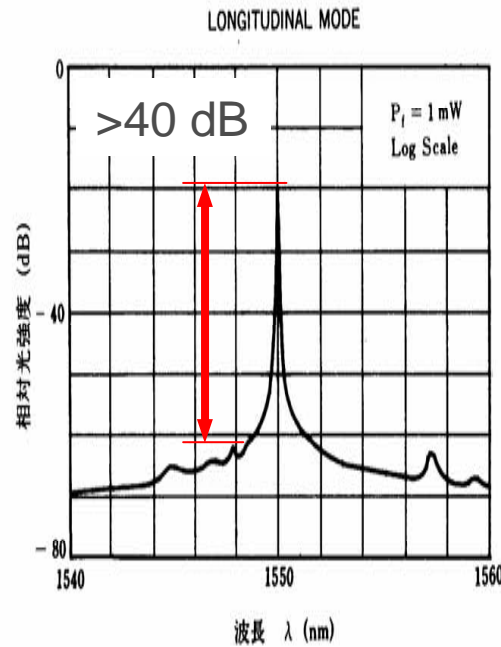
光通信は波長一・三ミクロンのレーザーを使っているが、伝送路のロスが最も多いのは一・五ミクロンの光を最も多く運ぶため、そのロスが最も多い半導体レーザーの開発が焦点になっていた。

一・三ミクロンの光通信は信号を再生する中継器が三千キロごとに必要なのにに対し、新レーザーは五千キロ以上無中継で送信、しかも約十倍の容量(電話回線が五万六千回線分の)伝送が可能

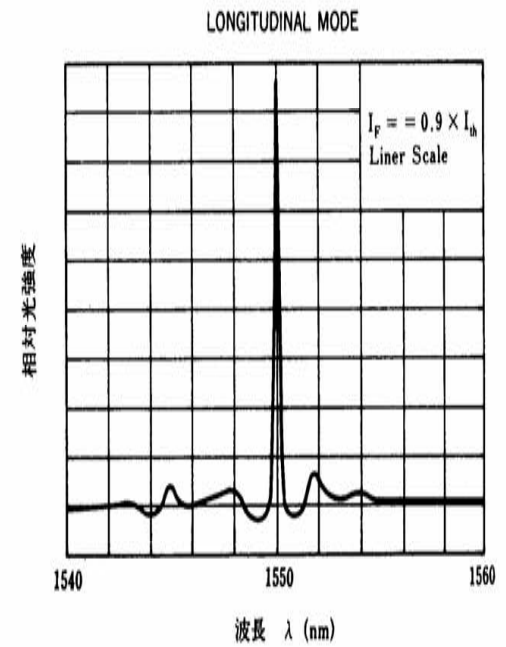
マイコン関連
ソフト新会社
日電が設立

日本電気は五日、マイコンソフト回折格子の部分

1986年9月6日(土) 日本経済新聞



レーザー発振後



レーザー発振前

位相シフトDFB-LD(量産化)

1988年1月21日(木)発表(新聞掲載1月22日)

位相シフト内蔵
単一軸モード
半導体レーザー 初の量産化確立



日本電気(株)は、半導体レーザーの一種である単一軸モード半導体レーザーの量産化を確立した。これは、従来の半導体レーザーよりも、より安定した光を発振させることができる。この技術は、光通信や光計算などに広く応用される。日本電気は、この技術の量産化を、1988年1月21日に発表した。

日本電気(株)は、半導体レーザーの一種である単一軸モード半導体レーザーの量産化を確立した。これは、従来の半導体レーザーよりも、より安定した光を発振させることができる。この技術は、光通信や光計算などに広く応用される。日本電気は、この技術の量産化を、1988年1月21日に発表した。

日刊工業新聞

位相シフトDFB
レーザーで量産技術

月末から販売

日本電気(株)は、半導体レーザーの一種である単一軸モード半導体レーザーの量産化を確立した。これは、従来の半導体レーザーよりも、より安定した光を発振させることができる。この技術は、光通信や光計算などに広く応用される。日本電気は、この技術の量産化を、1988年1月21日に発表した。

日本工業新聞

今月末から二種発売

650nm以上の光安定した発振波長

日本電気(株)は、半導体レーザーの一種である単一軸モード半導体レーザーの量産化を確立した。これは、従来の半導体レーザーよりも、より安定した光を発振させることができる。この技術は、光通信や光計算などに広く応用される。日本電気は、この技術の量産化を、1988年1月21日に発表した。

電波新聞

DFBレーザー量産
位相ずらし単一波長発振

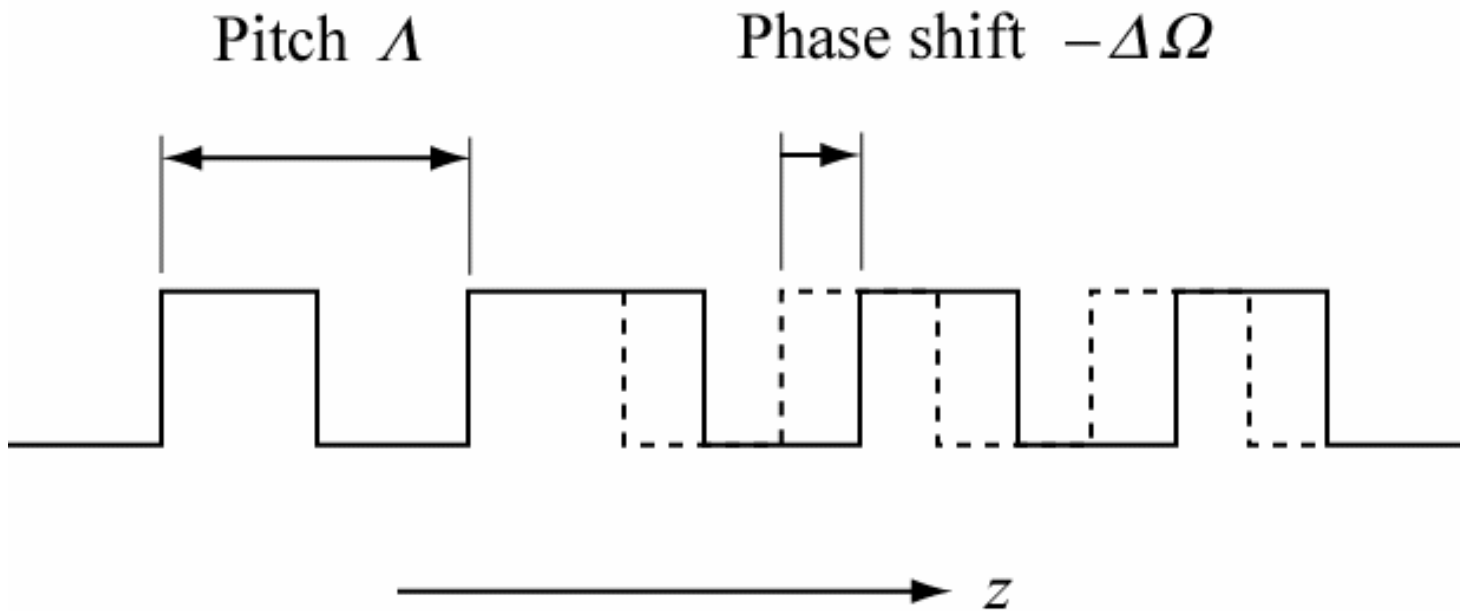
日本電気(株)は、半導体レーザーの一種である単一軸モード半導体レーザーの量産化を確立した。これは、従来の半導体レーザーよりも、より安定した光を発振させることができる。この技術は、光通信や光計算などに広く応用される。日本電気は、この技術の量産化を、1988年1月21日に発表した。

日本電気(株)は、半導体レーザーの一種である単一軸モード半導体レーザーの量産化を確立した。これは、従来の半導体レーザーよりも、より安定した光を発振させることができる。この技術は、光通信や光計算などに広く応用される。日本電気は、この技術の量産化を、1988年1月21日に発表した。

日経産業新聞

光共振器

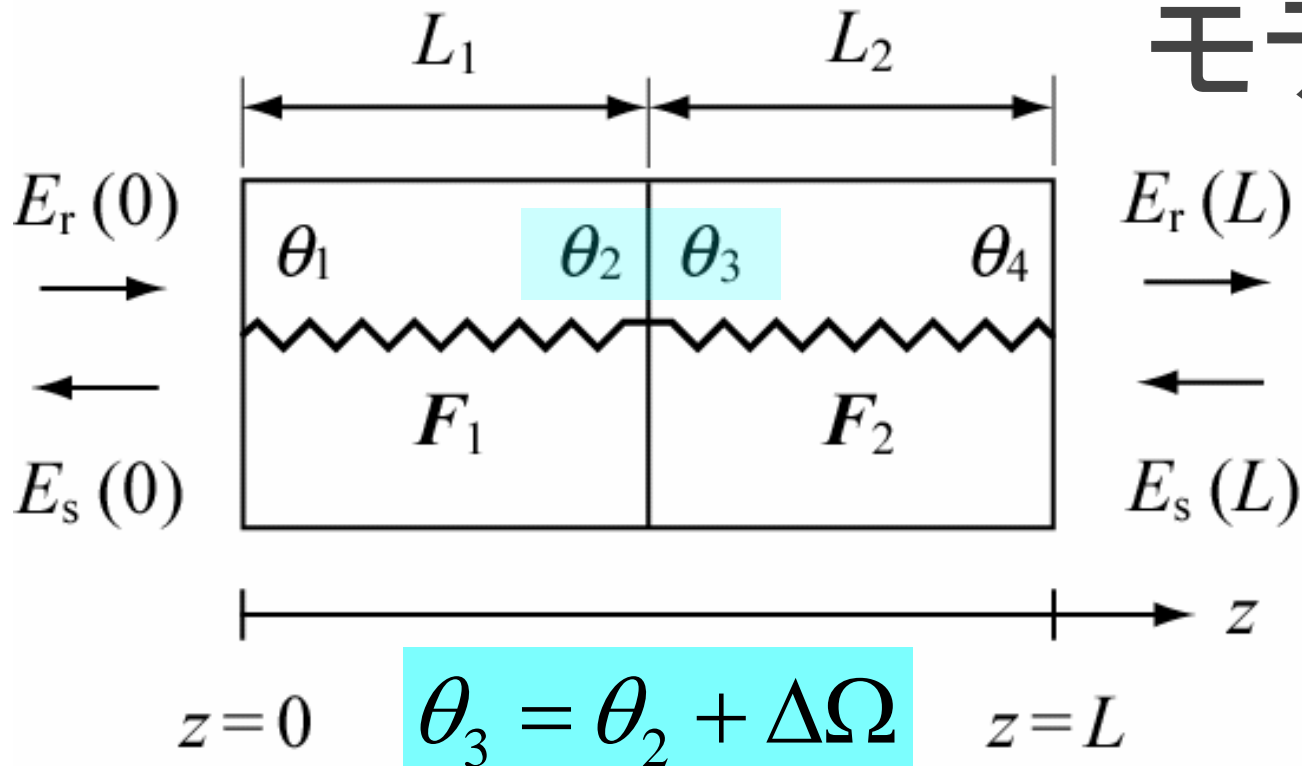
■ 位相シフト回折格子



光共振器

■ 位相シフト回折格子

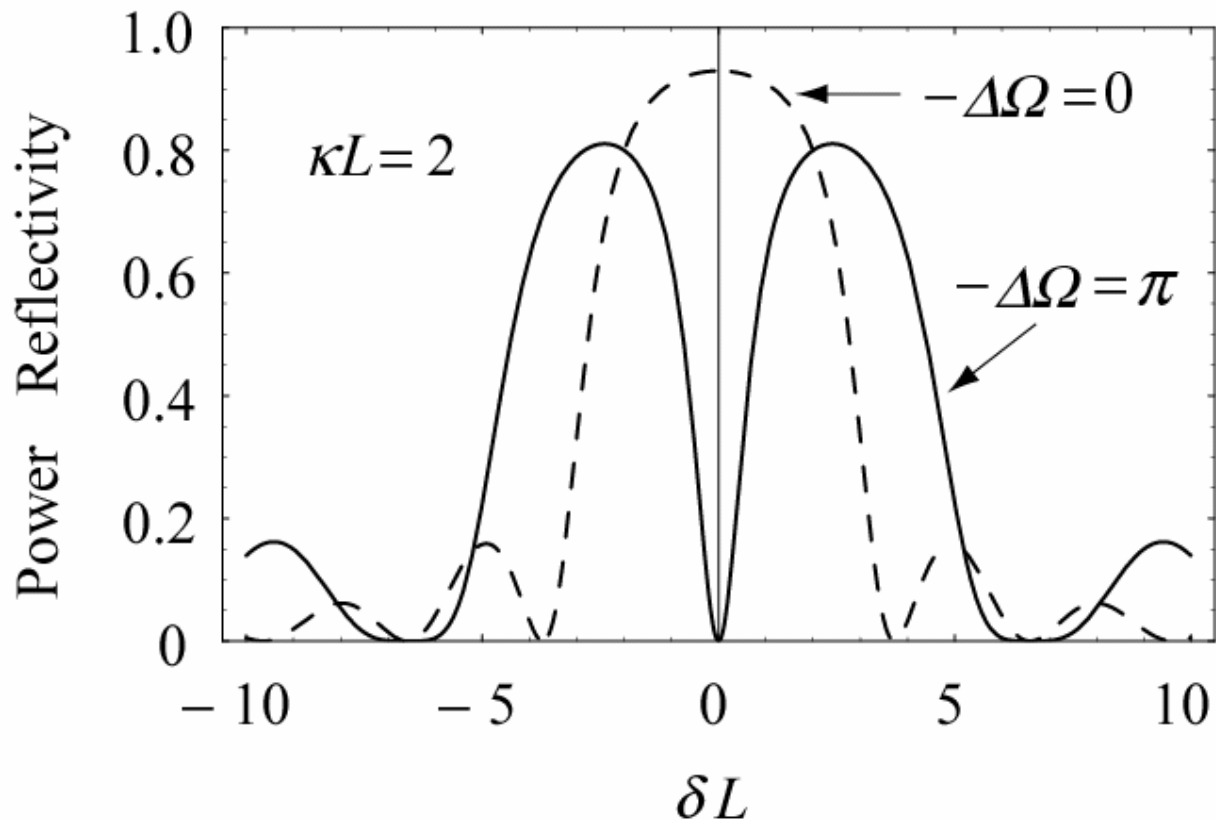
解析
モデル



光共振器

■ 位相シフト回折格子

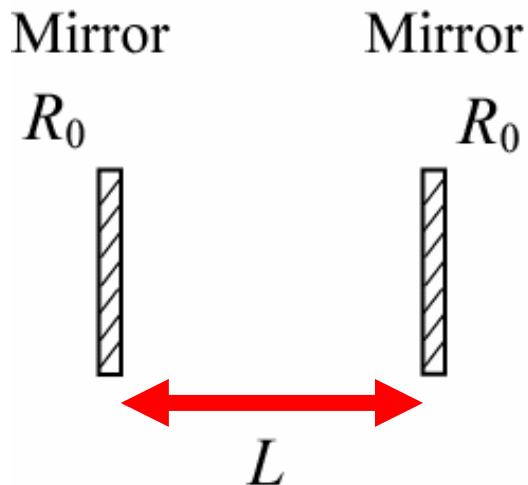
反射
特性



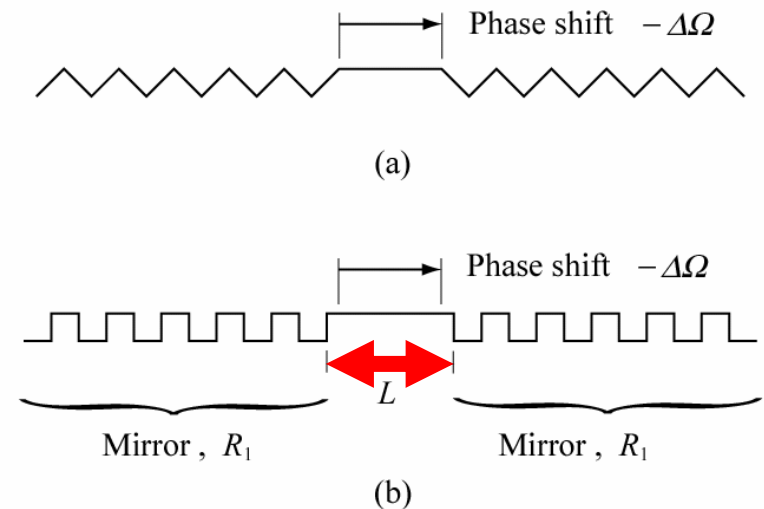
光共振器

■ 位相シフト回折格子

Fabry-Perot
共振器



位相シフト
回折格子

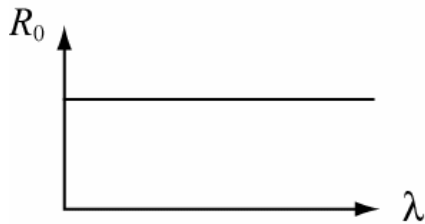


光共振器

■ 位相シフト回折格子

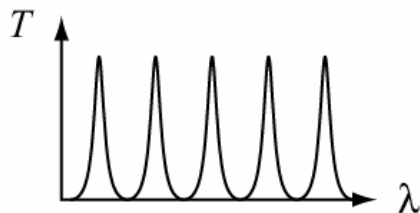
Fabry-Perot
共振器

ミラー



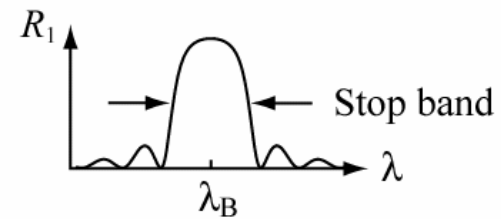
(a)

共振器

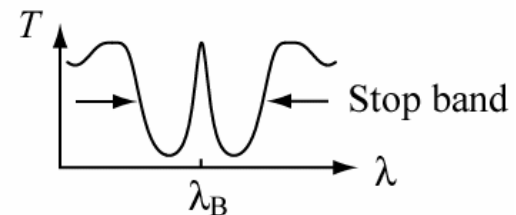


(b)

位相シフト
回折格子



(a)



(b)

光共振器

■ 回折格子の作製方法

干涉露光

$$\Lambda = \frac{\lambda_e}{\sin \theta_1 + \sin \theta_2}$$

Propagation direction
of the laser beam

Wavelength λ_e

θ_1 θ_2

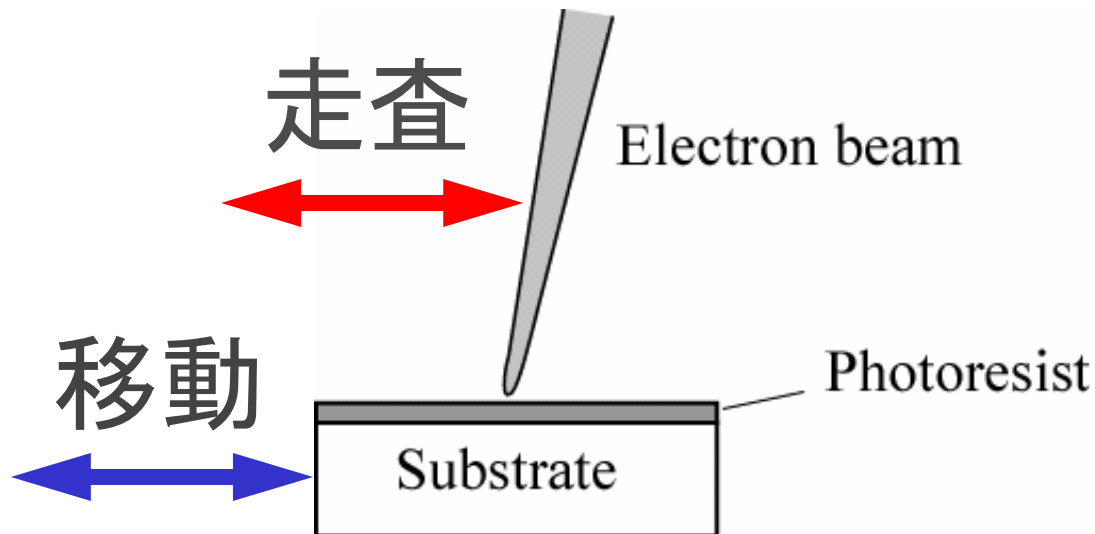
Photoresist

Substrate

光共振器

■ 回折格子の作製方法

電子ビーム露光



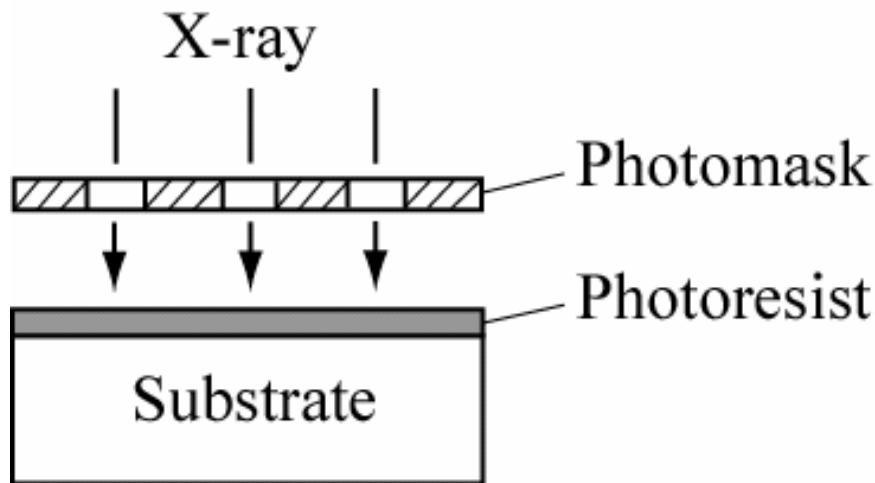
任意パターン

長描画時間

光共振器

■ 回折格子の作製方法

X線露光



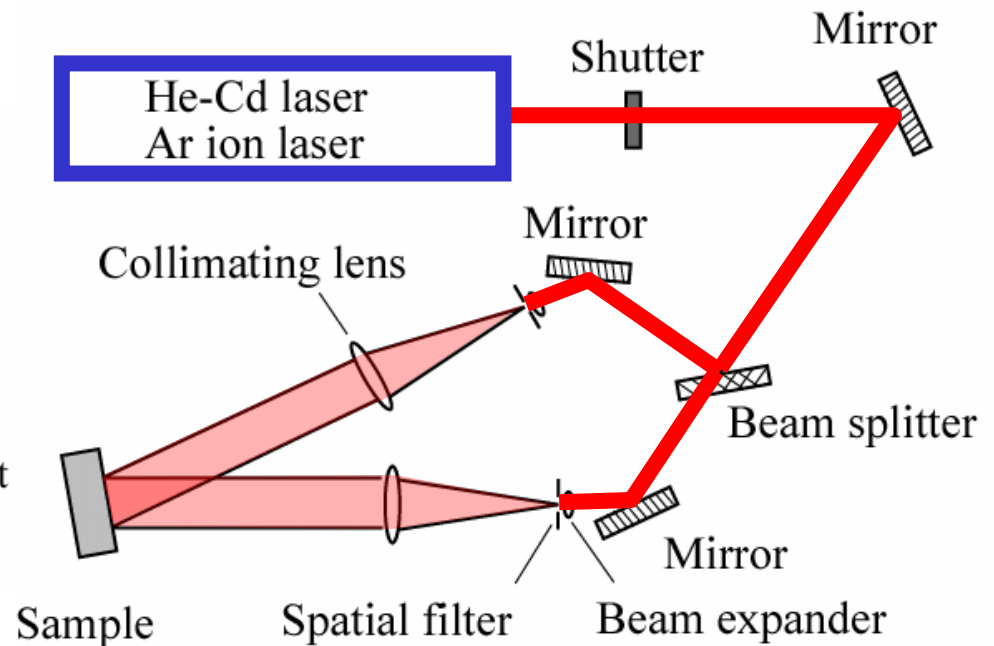
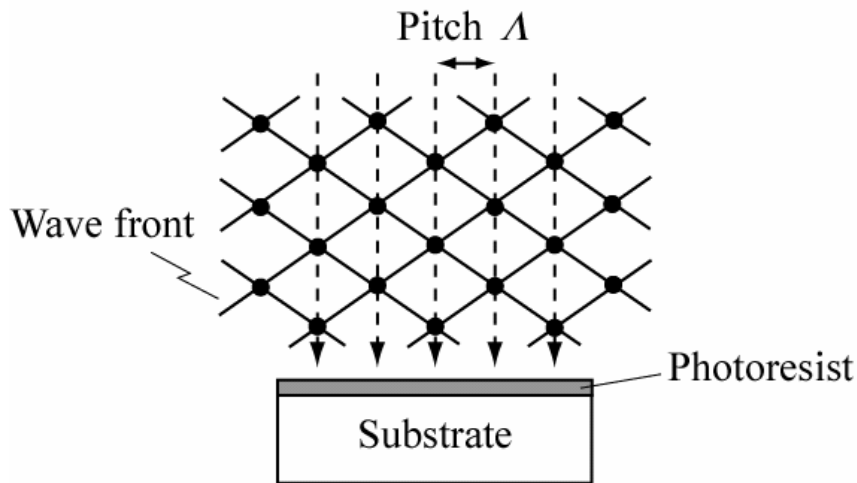
回折の影響小

マスク製法
に課題

光共振器

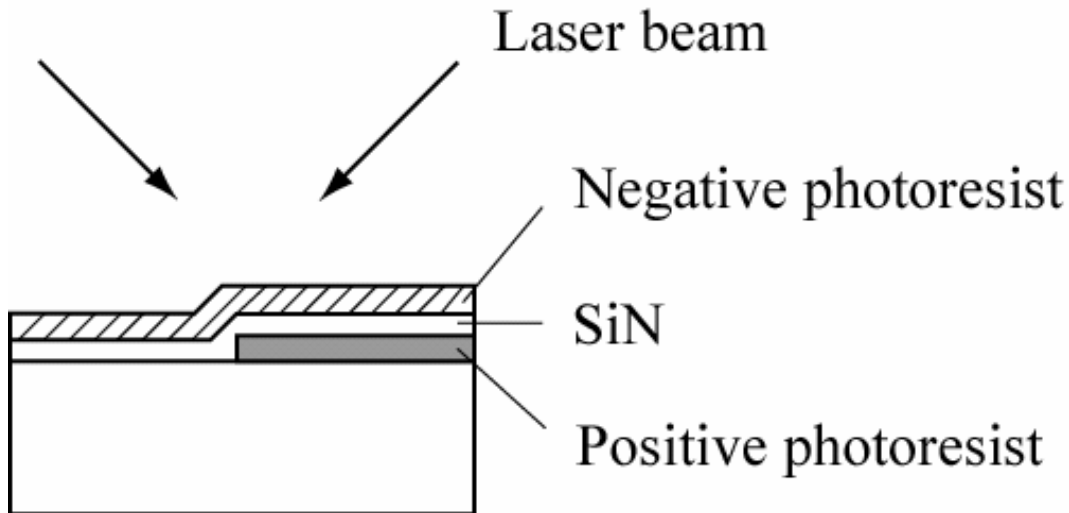
■ 位相シフト回折格子の作製方法

干渉露光



光共振器

- 位相シフト回折格子の作製方法
ネガ・ポジ法

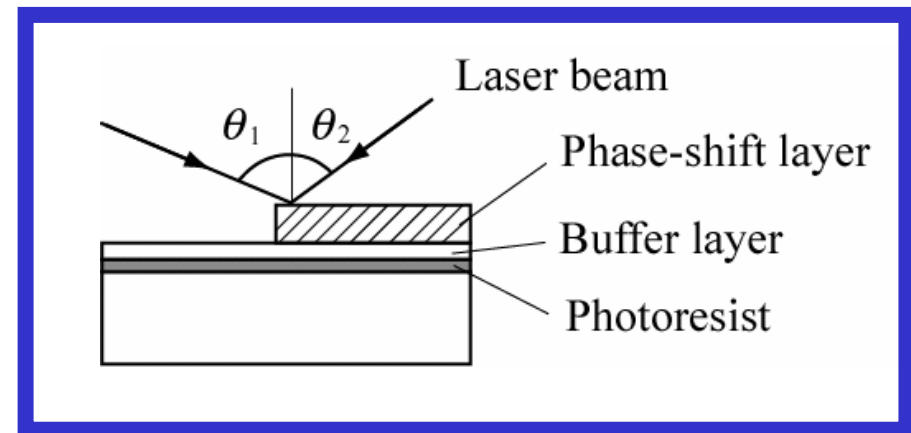
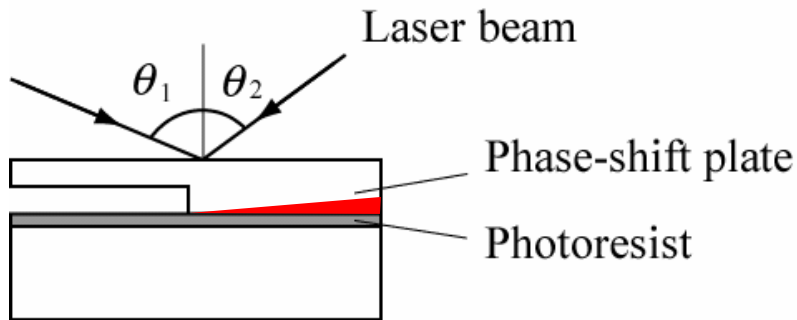


1次回折格子

凹凸反転

光共振器

- 位相シフト回折格子の作製方法
 - 位相シフト法
 - スネルの法則

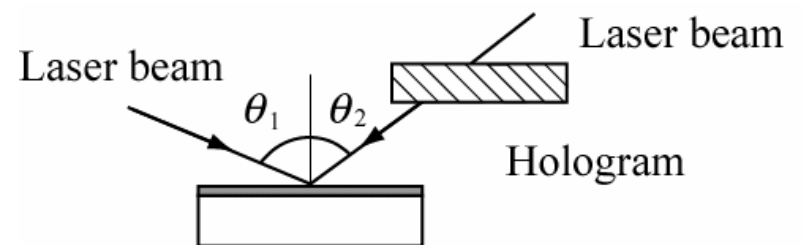
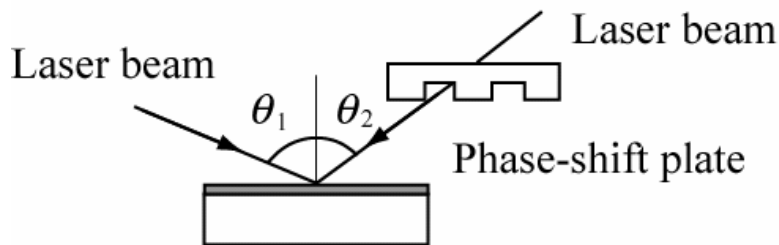


すき間 ➡ 多重反射

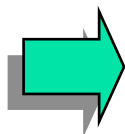
すき間 無し

光共振器

- 位相シフト回折格子の作製方法
位相シフト法 波面のシフト



回折



波面の
乱れ

ホログラム製法
に課題

光共振器

- 位相シフト回折格子の作製方法
レプリカ法

