

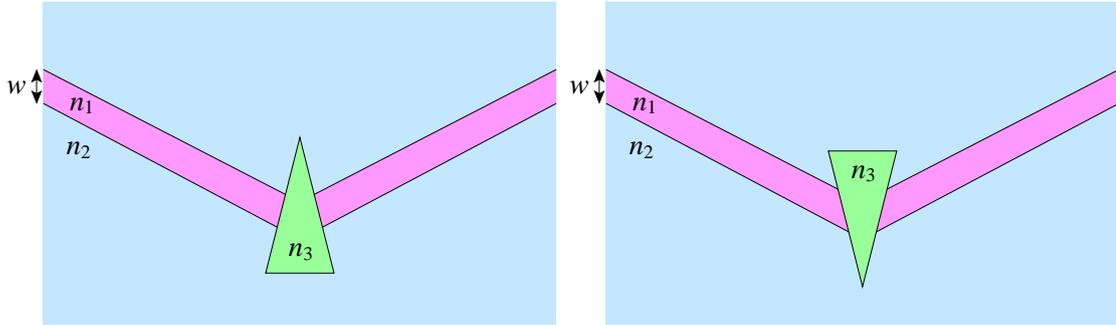
プリズムを利用した導波路曲がりの設計

目的：

弱導波路の場合を考え，曲げ損失を低減する．

検討：

1. 下図のような曲がり部にプリズムを挿入した 2 種類の曲がり導波路を考え，曲げ損失を最小にするようなプリズムの構造を見出す．ここでは，まず導波路幅を $w = 5.0 \mu\text{m}$ ，コアとクラッドの屈折率を $n_1 = 1.45$ ， $n_2 = 1.445$ とし，10 度曲がりの場合を考え，プリズムの構造と屈折率を決定する．



2. 上の検討で得られた構造に対して，ビーム伝搬解析により曲げ特性を調べる．
3. 曲げ角度を変えながら曲げ損失を調べ，どの程度の曲げ角までであればこの構造が利用可能かを調べる．

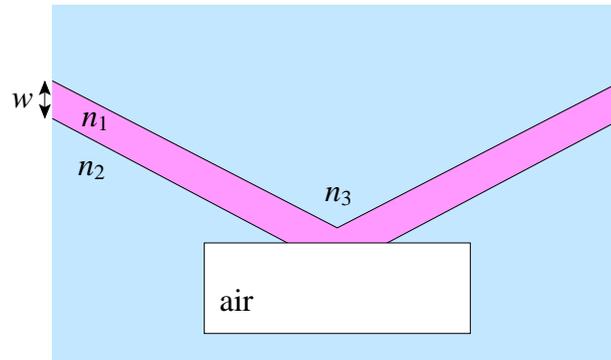
全反射ミラーを利用した光導波路曲がりの設計

目的：

弱導波路の場合を考え，曲がり部に空気の穴で作られた全反射ミラーによりコンパクトに光を曲げる．

検討：

1. 下図のような曲がり部に空気の穴を設けた構造を考える．曲げ損失を最小にするような空気の穴の構造について検討する．ここでは，導波路幅を $w = 5.0 \mu\text{m}$ ，コアとクラッドの屈折率を $n_1 = 1.45$ ， $n_2 = 1.445$ とし，90度曲がりの場合を考える．



2. 上の検討で得られた構造に対して，ビーム伝搬解析により曲げ特性を調べる．
3. 曲げ角度を変えた場合についても検討し，どの程度の曲げ角までであればこの構造が利用可能かを調べる．

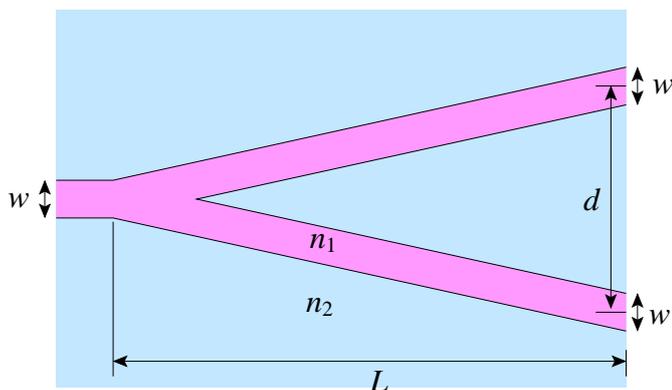
2分岐導波路の設計

目的：

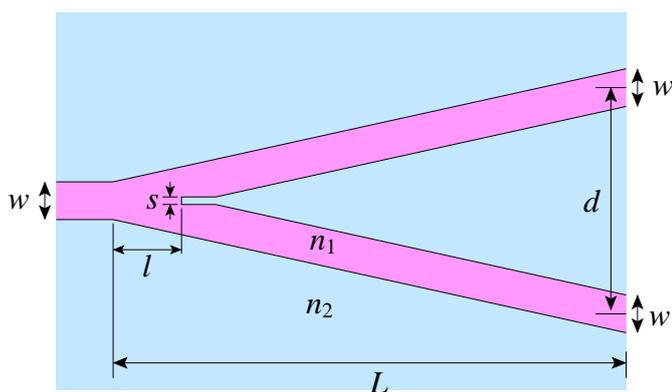
光を2方向に等分配する導波路を設計する。

検討：

1. 下図のようなY分岐導波路を考え、コアとクラッドの屈折率をそれぞれ $n_1 = 1.45$, $n_2 = 1.445$, 導波路幅 $w = 5 \mu\text{m}$, $L = 900 \mu\text{m}$, 出力端での導波路間隔を $d = 60 \mu\text{m}$ とし、波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE 基本モードが入射したときの各ポートの出力パワーを計算し、分岐による損失を求める。



2. 下図のような分岐部に溝を設けた構造を考え、パラメータ s , l の値を変化させ、出力パワーが最大となる s , l の値とそのときの損失を求める。



3. 他の分岐角についても同様な検討を行う。
4. より損失の小さな分岐構造について検討する。

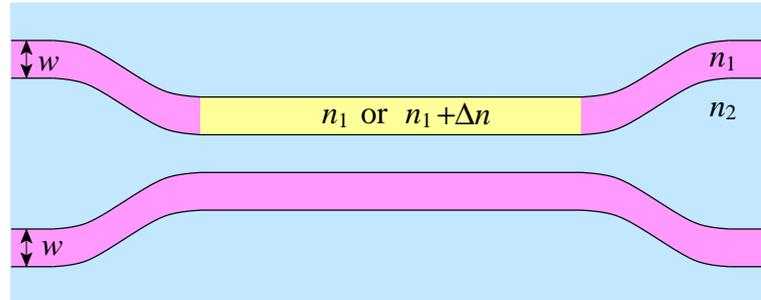
光スイッチの設計

目的：

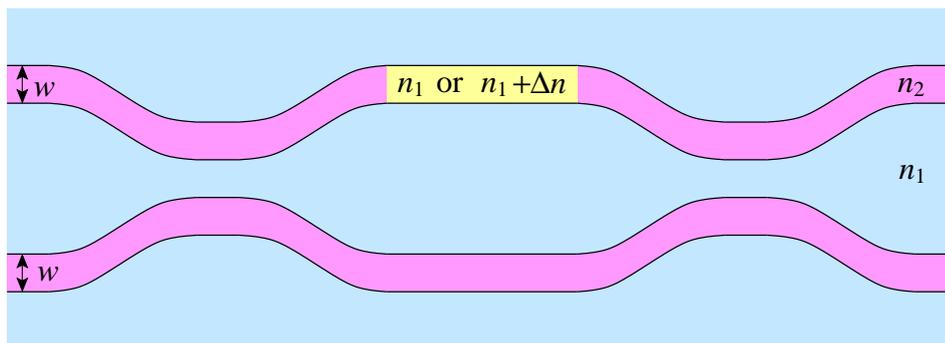
外部入力により 2 つの出力ポートの間で光の出力を切り替える。

検討：

1. 下図のような方向性結合型光スイッチを考え、コアとクラッドの屈折率をそれぞれ $n_1 = 1.45$, $n_2 = 1.445$, 導波路幅 $w = 5 \mu\text{m}$, とし波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE 基本モードが入射したときの出力を上下で切り替える。外部入力によるコア材料の屈折率変化は $\Delta n = 0.001$ とし、光スイッチを設計する。



2. 下図のようなマツハ・ツェンダ型光スイッチを考え、コアとクラッドの屈折率をそれぞれ $n_1 = 1.45$, $n_2 = 1.445$, 導波路幅 $w = 5 \mu\text{m}$, とし波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE 基本モードが入射したときの出力を上下で切り替える。外部入力によるコア材料の屈折率変化は $\Delta n = 0.001$ とし、光スイッチを設計する。



3. その他の光スイッチの構成について検討する。

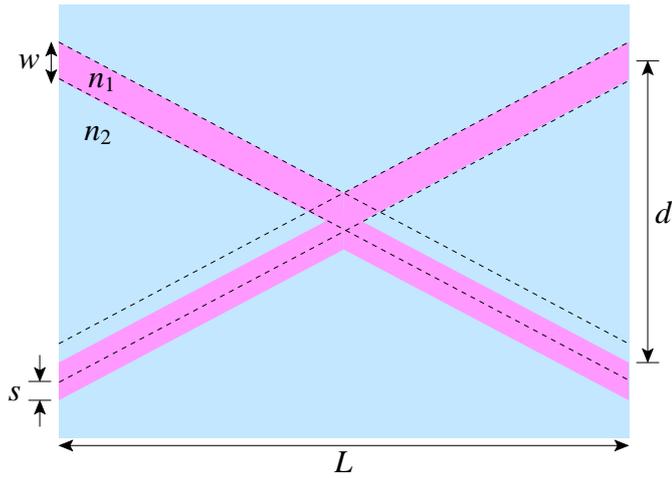
交差導波路の設計

目的：

オフセット交差導波路を用いて光配線の交差部におけるクロストークを低減する。

検討：

1. コアとクラッドの屈折率をそれぞれ $n_1 = 1.45$, $n_2 = 1.445$ とし , 伝搬距離を $L = 1,000 \mu\text{m}$, 入出力端での導波路間隔を $d = 40 \mu\text{m}$ とする . 交差部のオフセット量を 0 から変化させながらビーム伝搬解析によりクロストークを調べ , 最適なオフセット量を求める .
2. 交差角度と最適なオフセット量の関係について調べる .



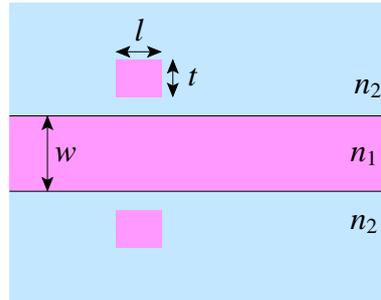
高次モードフィルタの設計

目的：

入出力導波路を 2 モード導波路とし，基本モードを透過し，高次モードのみを除去する．

検討：

1. 下図のような高次モードフィルタを考え，コアとクラッドの屈折率をそれぞれ $n_1 = 1.45$ ， $n_2 = 1.445$ ，導波路幅 $w = 10 \mu\text{m}$ ，とし波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE 基本モード，第一高次モードが入射したとき，基本モードのみが出力されるように， t ， l の最適な値を求める．



2. 上で検討した構造を基に，さらに高性能なモードフィルタについて検討する．

非対称分岐を利用した光アイソレータの設計

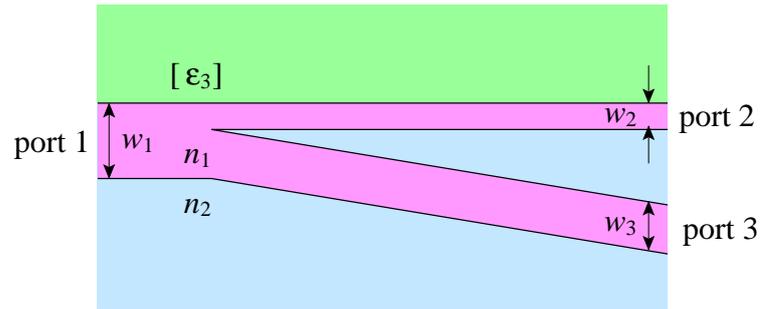
目的：前進波は透過するが後進波は遮断される光アイソレータを設計する．

検討：

1. 下図のような非対称 Y 分岐を考え，上部クラッドを磁気光学材料とする．分岐後の各導波路の導波路幅と伝搬定数の関係を調べる． $w_1 = w_2 + w_3$ とし，port n の伝搬定数を β_n として

$$\beta_2 > \beta_3 \text{ for 前進波 かつ } \beta_3 > \beta_2 \text{ for 後進波}$$

あるいはこの逆の関係になるような構造を見出す．



設計の一例として，導波路幅 w_1 と材料の屈折率 $n_1, n_2, [\epsilon_3]$ を固定して，導波路幅 w_2 を変化させながら各導波路の実効屈折率を計算し前進波，後進波に対してグラフを作る．作成したグラフより，伝搬定数の大小関係が進行方向により入れ替わる導波路幅 w_2 を見出す．

2. 上の検討で得られた構造に対して，ビーム伝搬解析により偏波分離特性を調べ，分岐角度に対して特性がどのように変化するかを調べる．実際には入力導波路は 2 モード導波路となるように設計し，入力導波路に高次モードフィルタを置くことでアイソレータとしての動作を実現する．

方向性結合器を利用した偏波分離素子の設計

目的：

波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光と波長 $1.31 \mu\text{m}$ の光を分離する．

検討：

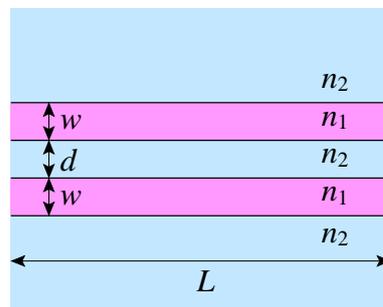
1. 下図のような方向性結合器を考え，各波長に対する結合長 $L_c(\lambda)$ を算出し

$$n \cdot L_c(1.55\mu\text{m}) = m \cdot L_c(1.31\mu\text{m}) \quad (n, m \text{ は整数であり，一方が偶数，他方が奇数である})$$

となるような構造を見出す．結合長 L_c は，結合系の偶奇モードの伝搬定数を β_e, β_o として

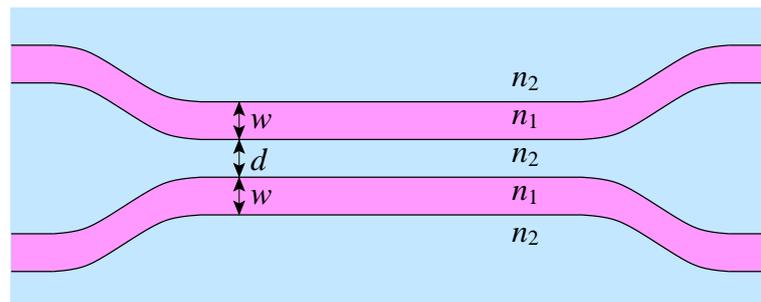
$$L_c = \frac{\pi}{\beta_e - \beta_o}$$

で表される．



設計の一例として，導波路幅 w と材料の屈折率 n を固定して，導波路間隔 d を変化させながら結合長を見積りグラフを作る．次に，導波路間隔に対する結合長の比のグラフを作る．以上の結果より導波路間隔とデバイス長を決定する．

2. 上の検討で得られた構造に対して，ビーム伝搬解析により波長分離特性を調べる．
3. 入出力端で2つの導波路を分離するための曲がり部が存在するような実際のデバイスについて検討する．



導波路を十分分離できる導波路間隔，放射損失を十分に低減できるS字曲がりの長さを決める．曲がり部での結合を考慮して，平行導波路部の長さを決める．

非対称分岐を利用した波長分離素子の設計

目的：

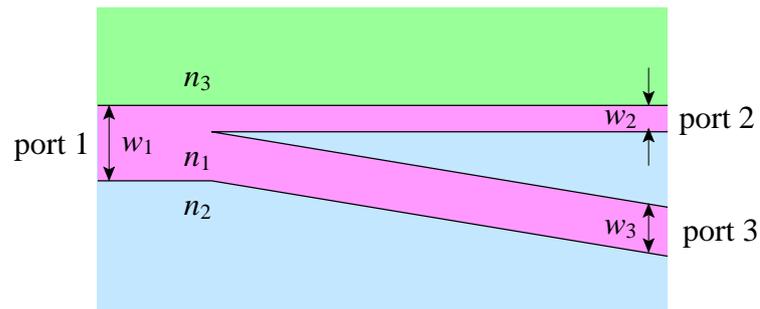
波長 $1.55 \mu\text{m}$ の光と波長 $1.31 \mu\text{m}$ の光を分離する．

検討：

1. 下図のような非対称 Y 分岐を考え，分岐後の各導波路の導波路幅と伝搬定数の関係を調べる． $w_1 = w_2 + w_3$ とし，port n の伝搬定数を β_n として

$$\beta_2 > \beta_3 \text{ at } 1.55 \mu\text{m} \text{ かつ } \beta_3 > \beta_2 \text{ at } 1.31 \mu\text{m}$$

あるいはこの逆の関係になるような構造を見出す．



設計の一例として，導波路幅 w_1 と材料の屈折率 n_1, n_2, n_3 を固定して，導波路幅 w_2 を変化させながら各導波路の実効屈折率を計算し波長 $1.55 \mu\text{m}$ ， $1.31 \mu\text{m}$ に対してグラフを作る．作成したグラフより，伝搬定数の大小関係が波長により入れ替わる導波路幅 w_2 を見出す．

2. 上の検討で得られた構造に対して，ビーム伝搬解析により波長分離特性を調べ，分岐角度に対して特性がどのように変化するかを調べる．

方向性結合器を利用した偏波分離素子の設計

目的：

波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE 波と TM 波の光を分離する．

検討：

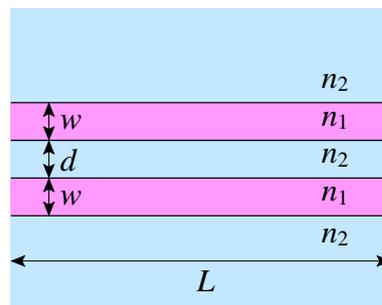
1. 下図のような方向性結合器を考え，各偏波に対する結合長 $L_{c,TE}$, $L_{c,TM}$ を算出し

$$n \cdot L_{c,TE} = m \cdot L_{c,TM} \quad (n, m \text{ は整数であり，一方が偶数，他方が奇数である})$$

となるような構造を見出す．結合長 L_c は，結合系の偶奇モードの伝搬定数を β_e , β_o として

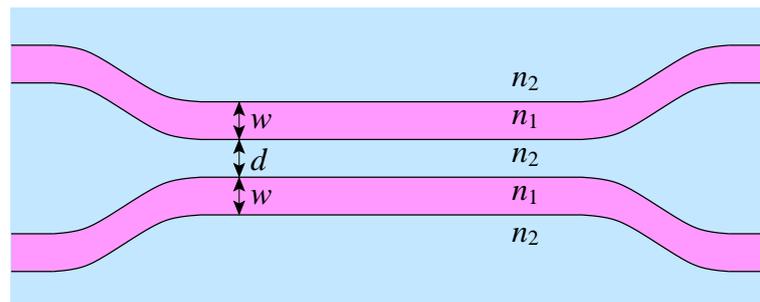
$$L_c = \frac{\pi}{\beta_e - \beta_o}$$

で表される．



設計の一例として，導波路幅 w と材料の屈折率 n を固定して，導波路間隔 d を変化させながら結合長を見積りグラフを作る．次に，導波路間隔に対する結合長の比のグラフを作る．以上の結果より導波路間隔とデバイス長を決定する．

2. 上の検討で得られた構造に対して，ベーム伝搬解析により偏波分離特性を調べる．
3. 入出力端で 2 つの導波路を分離するための曲がり部が存在するような実際のデバイスについて検討する．



導波路を十分分離できる導波路間隔，放射損失を十分に低減できる S 字曲がりの長さを決める．曲がり部での結合を考慮して，平行導波路部の長さを決める．

ヒント：

偏波による結合長の差を大きくするためには，ある程度コアとクラッドの比屈折率差を大きくする必要がある．

非対称分岐を利用した偏波分離素子の設計

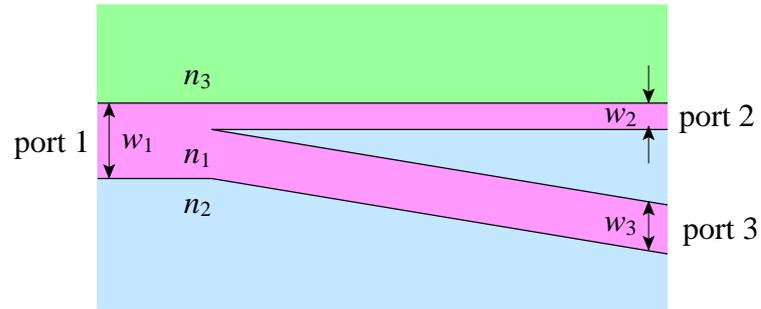
目的：波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE 波と TM 波の光を分離する．

検討：

1. 下図のような非対称 Y 分岐を考え，分岐後の各導波路の導波路幅と伝搬定数の関係を調べる． $w_1 = w_2 + w_3$ とし，port n の伝搬定数を β_n として

$$\beta_2 > \beta_3 \text{ for TE モード かつ } \beta_3 > \beta_2 \text{ for TM モード}$$

あるいはこの逆の関係になるような構造を見出す．



設計の一例として，導波路幅 w_1 と材料の屈折率 n_1, n_2, n_3 を固定して，導波路幅 w_2 を変化させながら各導波路の実効屈折率を計算し TE モード，TM モードに対してグラフを作る．作成したグラフより，伝搬定数の大小関係が波長により入れ替わる導波路幅 w_2 を見出す．

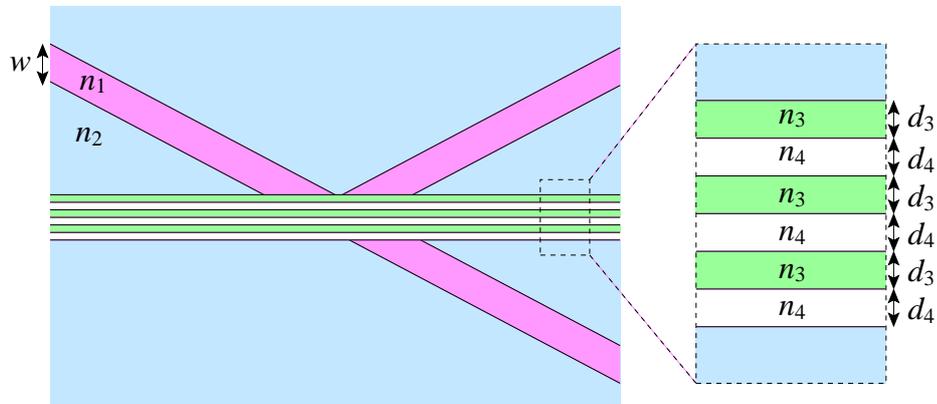
2. 上の検討で得られた構造に対して，ビーム伝搬解析により偏波分離特性を調べ，分岐角度に対して特性がどのように変化するかを調べる．

グレーティング反射器を利用した偏波分離素子の設計

目的：波長 $1.55 \mu\text{m}$ の TE 波と TM 波の光を分離する．

検討：

1. 下図のようなグレーティング反射器を考え，TE 波はブラッグ反射し，TM 波は透過するような偏波分離素子を設計する．



設計の一例として，導波路の幅，屈折率およびグレーティング部の屈折率を決定し，TM 波を透過させるため，ブリュースタ角となるように導波路の角度を決定する．次に，TE 波に対してブラッグ条件が満たされるようにグレーティング周期を決める．

2. 上の検討で得られた構造に対して，ビーム伝搬解析により偏波分離特性を調べ，グレーティング周期数などにより，特性がどのように変化するかを調べる．