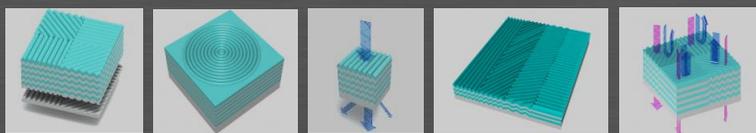


Auto-cloned Photonic Crystal

自己クローニングフォトニック結晶



光学設計に新しい選択

肢を

ミクロンサイズの偏光制御

ミリオンレベルの高集積化

λ 266nmレーザーへも対応可能

もっと高密度に、もっと高機能に



株式会社フォトニックラティス

自己クロージングフォトリソグラフィ結晶とは何か？

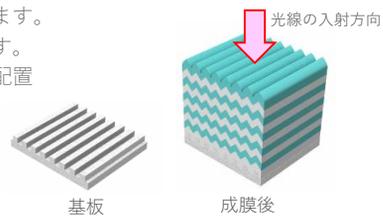
構造・機能・プロセスの概略

独自開発したのは、自分達だけでは使いつくせない技術でした。

多層膜としての構造

「フォトリソグラフィ結晶」には様々な種類が存在しますが、当社独自の自己クロージングフォトリソグラフィ結晶は、凹凸の断面形状をもつ光学多層膜です。通常多層膜同様、膜厚方向に光線を透過させて用います。

あらかじめ凹凸溝パターンを形成した基板上に、自己クロージングプロセス（下コラム参照）で多層膜を形成することで作成されます。膜厚や凹凸周期を調整すると、偏光子や波長板の機能を持たせることができます。偏光子としての透過軸や、波長板としての異方性軸は、凹凸溝方向に従います。従って、基板に形成する凹凸溝パターンを複雑にするだけで、様々な異方性配置の特殊光学フィルターが実現します。

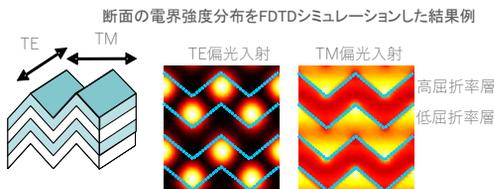


面内異方性の発現

自己クロージングフォトリソグラフィ結晶は、透過光の電界振動方向、即ち偏光方向が、凹凸溝方向に平行か直交かによって光学特性に差が生じます。この特徴を利用して、偏光子や波長板の機能が実現できます。

◆ 電界強度分布のシミュレーション結果例

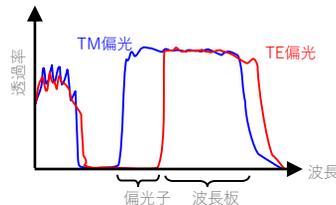
断面の凹凸形状は、多層膜内に発生する定在波の電界強度分布に大きく影響を与えます。



◆ 分光特性の評価例

入射偏光により分光特性がシフトする例を下図に示します。

バンドエッジで偏光子、両偏光の透過帯域で波長板として機能。

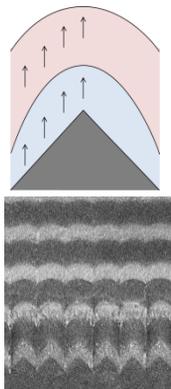


自己クロージングプロセスの概略

断面の凹凸形状を維持した多層構造を形成するために、独自のプロセスを開発しました。

通常のスパッタリング成膜プロセス

成膜するにつれて凹凸形状が丸くなり、数層でほとんど平らになってしまいます。



通常プロセスで成膜した場合の断面SEM(電子顕微鏡)画像

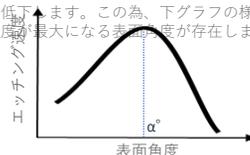
自己クロージングプロセスのメカニズム

成膜とエッチングという正反対のプロセスをバランスさせて、凹凸形状を維持しています。

自己クロージングプロセスにより、丸くなった表面形状をシャープな三角形状にすることが可能(エッチング速度の角度依存性)

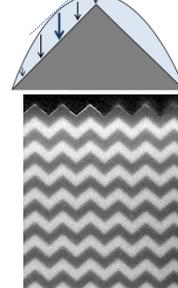
表面の角度によりエッチング速度は大きく変わります。

水平面では、Arイオンの衝突エネルギーは、表面原子を内側に押し込む働きが強く、エッチング効率は低くなります。45度程度の角度で、衝突エネルギーは高効率に表面原子を削ぎ取ります。より急な角度では、再びエッチング効率は低下します。この為、下グラフの様に、エッチング速度が最大になる表面角度が存在します。



丸くなった表面凹凸も、左図の効果により、エッチングすると再びシャープになります。

丸くなった表面凹凸も、左図の効果により、エッチングすると再びシャープになります。



自己クロージングプロセスで成膜した場合の断面SEM(電子顕微鏡)画像

自己クロージングフォトニック結晶の特徴

基本的な機能及び、実現可能な機能と実現困難な機能

光学フィルターの高集積化は、
デバイスの小型化・高性能化の切り札になります。

基本的な機能

偏光子や波長板としての機能が基本です。

【共通の特徴】

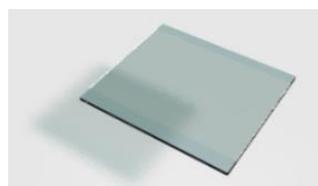
- ・厚さ0.5mm～1.5mm程度の平板形状
- ・板面にほぼ垂直に光線を入射させて利用
- ・動作波長はDUV(λ : 250nm)～NIR (λ : 1600nm)の範囲で選択
- ・無機材料なので高耐久性
- ・製造設備の制約から最大サイズは30mm角程度
- ・基板パターン原版製作に数100万円の初期費用が必要ですが、量産によるコスト低減効果は大きく、Blu-rayディスクドライブへの採用実績もあります。

①偏光子

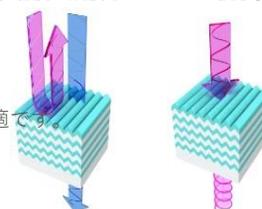
- (特徴)
- ・不透過成分は正反射します。
 - ・動作帯域は中心波長の $\pm 5\%$ 程度と狭帯域で、レーザー用途に最適です。
 - ・消光比は1/1～1/10000に選択可能です。

②波長板

- (特徴)
- ・0次波長板の為、入射角依存性が比較的小さい
(ex. 入射角 $\pm 10^\circ$ で位相差変化量1%程度)



素子外観：
多層膜が成膜されたガラス板形状



偏光子：
透過と反射で偏光分離

波長板：
透過偏光を変換

実現可能な機能

数 μm サイズの微小な偏光子や波長板を、自在な軸方位に空間配置できるのが、最大の特徴です

【面内軸方位分布の自在配置】

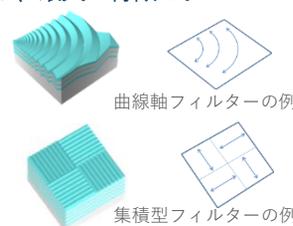
偏光子・波長板などの基本機能素子の軸方位を、自在に配置できます。

③曲線軸の偏光子、波長板

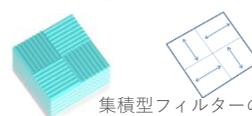
例えば同心円状に軸方位分布を持つ偏光子や波長板も実現可能です。

④集積型偏光子、波長板

様々な軸方位を持つ微小偏光子や波長板の集積フィルターが実現可能。
数 μm サイズの領域を光学的に境界0で敷き詰めることが可能です。



曲線軸フィルターの例



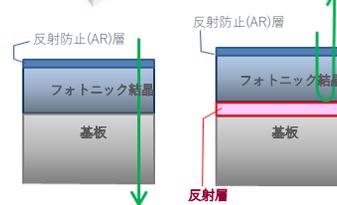
集積型フィルターの例

【光学多層膜機能との組み合わせ】

反射防止膜などの、通常の光学多層膜機能との一体化も可能です。

⑤反射防止 (AR)層との一体化

⑥反射層との一体化



AR層との一体化の例 反射層との一体化の例

実現困難な機能

以下の機能の実現は、自己クロージングフォトニック結晶には原理的に困難です。

【広帯域な偏光子】

自己クロージングフォトニック結晶で実現する偏光子の帯域は、中心波長 $\pm 5\%$ 程度迄です。例えば波長600nmの場合、おおよそ570～630nm程度が動作帯域幅の上限になります。

【斜め入射用素子】

自己クロージングフォトニック結晶は、垂直入射に対して最大の異方性を発揮します。一方で、例えば45度以上と急な角度

の斜め入射光に対しては、偏光子や波長板としての機能維持が困難になります。

【偏光子と波長板の両方を含む集積素子】

偏光子と波長板のいずれかの機能のみを、異なる軸方位で集積することが出来ます。また、波長板の場合は、位相差の異なる

領域を集積することも可能です。しかしながら、偏光子と波長板が混在する集積素子を一枚で実現することは困難です。また、動作帯域の異なる偏光子を集積することも出来ません。

こんなフィルターが実現します

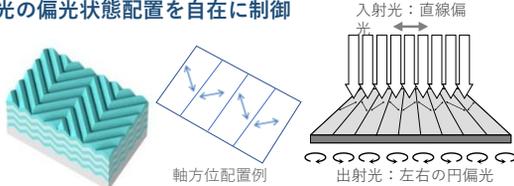
これまでに作製実績のある機能性素子と標準製品

ブレイクスルーは、もう始まっています。

作製実績のある機能性素子

① 複合波長板-1

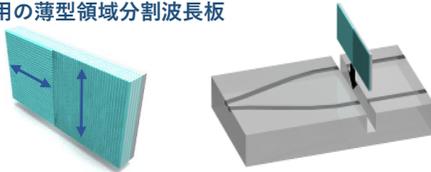
透過光の偏光状態配置を自在に制御



隣接するレーザー光の干渉抑制や、立体映像用フィルター用に。例えば複数個のレーザー発光面に集積波長板を配置すると、隣接ビーム間の干渉を抑えたレーザー照明が実現可能です。

③ 複合波長板-2

光通信用の薄型領域分割波長板

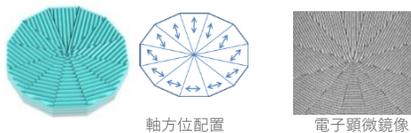


厚さ20μm程度の超薄型の複合波長板も実現可能で、PLC (Planar Lightwave Circuit) の溝に挿入して使うことができます。

水晶板同等の低い挿入損失を示し、高い耐久性も兼ね備えます。

⑤ 直線偏光⇄軸対称偏光変換素子

高精度な軸対称偏光が1枚のフィルターで実現



手軽に高品質な軸対称偏光を得るには、上図のようなハスの葉状の軸対称配置の集積1/2波長板に、直線偏光を入射させます。中心部分まで欠陥領域の無い自己クローニング型フォトリソ結晶は、小さなスポット径のビームに対しても高い機能を発揮します。

⑥ 反射型波長板

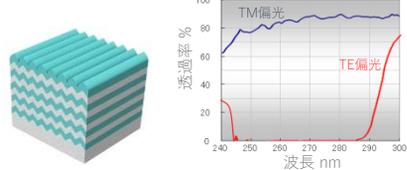
反射面に偏光変換機能を組み込み可能



反射光の偏光状態を変化させる、反射型の波長板が実現します。更に、⑦と組み合わせて、反射面の一部に偏光変換作用を持たせることも可能です。

② DUV偏光子・波長板

紫外線用高性能フィルター



膜厚と凹凸周期を小さくすると、動作波長を250nm程度までの紫外線用偏光子や波長板が実現します。波長266nm用の0次オ

1/4波長板は、入射角依存性の小ささが特徴です。

④ 同心円/放射状偏光子

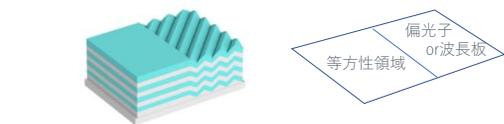
軸対称偏光ビームの発振ミラーに



同じ同心円パターン基板でも、膜厚次第で、偏光子の透過軸は同心円状にも放射状にも選択可能。透過率を80~95%程度に調整して、レーザー光の発振ミラーに用いると、軸対称レーザー発振します。

⑦ 異方性領域と等方性領域の複合素子

異方性のない領域が混在する空間配置が可能



偏光子/波長板領域(凹凸部)と、これらの機能を持たない領域(平坦部)とを集積できます。

標準製品

【UV用偏光子/波長板】



素子の種類	動作波長	有効エリアサイズ
偏光子 波長板 ($\lambda/4$, $\lambda/2$)	313 nm	12 x 12 mm
偏光子 波長板 ($\lambda/4$, $\lambda/2$)	266 nm	

【軸対称偏光変換素子】



素子の種類	動作波長	有効エリアサイズ
SWP フィルター (直線偏光⇄軸対称偏光の変換用複合波長板)	355 nm 405 nm 532 nm 633 nm 808 nm 1064 nm	φ 7 mm

※動作波長や機能のカスタマイズの御相談も承ります。

株式会社フォトニクラティス

〒989-3204 仙台市青葉区南吉成6丁目6-3 ICR 2F
Tel: 022-342-8781 / Fax: 022-342-8782
e-mail: info@photonic-lattice.com
URL: http://www.photonic-lattice.com