

新規狭帯域バンドパスフィルタの検討

光導波路薄膜表面にサブミクロンサイズの微細周期構造の加工を施すと、空間光入射に対して狭帯域なフィルタ特性が得られます。このようなフィルタリング現象は「導波モード共鳴」と呼ばれます。我々のグループは、新規構造による入射角度低依存の導波モード共鳴バンドパスフィルタを提案しています。本研究では特性評価用の素子作製に先駆けて、シリコン基板への電子ビーム直接描画リソグラフィと反応性イオンエッチングによる微細周期構造の作製を検討しました。

導波モード共鳴(GMR)フィルタは、基板上的光導波路にサブ波長周期の表面周期構造(グレーティング)を集積することで得られる波長フィルタです。我々は最近、方位角・偏光角に依存せず傾斜角依存性の低い狭帯域透過型GMRフィルタを提案しました。図1に設計例を示します。透過波長は $1.5\mu\text{m}$ 帯です。SiO₂ガラス基板にSiグレーティングを形成した構造であり、この厚さ580nmのグレーティング層は導波コアとしても機能します。グレーティングはx方向とy方向の形状が等しく、840nmの一周期中に幅が550nmと90nmの二つの異なる高屈折率部分を持った二重周期構造です。

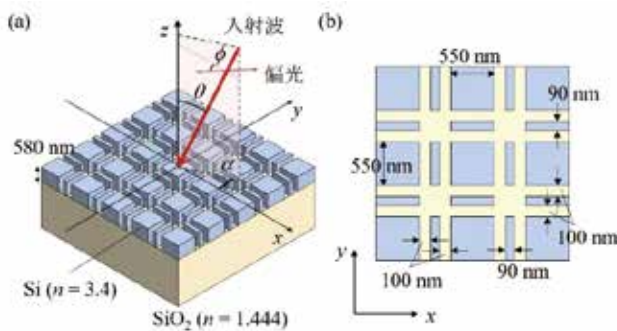


図1 提案している角度低依存の狭帯域透過型GMRフィルタの設計例。(a) 鳥瞰図 (b) 上面図

図2に厳密結合波解析による特性シミュレーション結果を示します。傾斜角 θ 、方位角 α 、偏光角 ϕ (図1参照)が共に 0° のときの反射・透過スペクトルです。共鳴波長は $1.517\mu\text{m}$ であり、ピーク透過率98%、半値全幅12nmの透過スペクトルが予測されました。図3(a)、(b)はそれぞれ $\phi=0^\circ$ と $\phi=90^\circ$ における共鳴波長透過率の θ 、 α 依存性です。また図3(c)、(d)はそれぞれ $\alpha=0^\circ$ と $\alpha=45^\circ$ における共鳴波長透過率の θ 、 ϕ 依存性です。 θ が 4° 以内の場合、 θ 、 ϕ に依存せず透過率が80%以上となると期待されます。

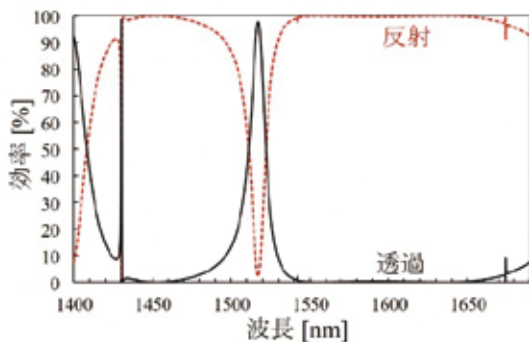


図2 $\theta=0^\circ$ 、 $\alpha=0^\circ$ 、 $\phi=0^\circ$ における反射・透過スペクトル。

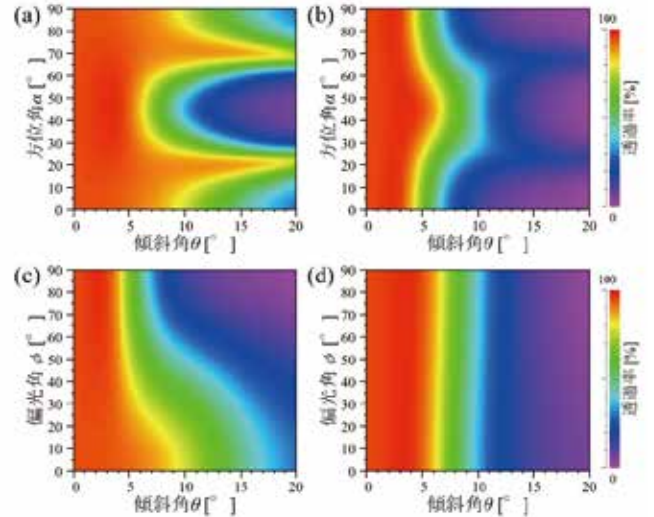


図3 (a) $\phi=0^\circ$ および(b) $\phi=90^\circ$ における共鳴波長透過率の θ 、 α 依存性、ならびに(c) $\alpha=0^\circ$ および(d) $\alpha=45^\circ$ における共鳴波長透過率の α 、 ϕ 依存性。

Siグレーティング作製の最適条件を探索するために、本研究ではSi基板を用いました。EB直接描画リソグラフィにより作製したレジストパターンの走査型電子顕微鏡(SEM)画像を図4(a)に示します。設計通りの形状が得られています。このレジストパターンをエッチングによりSi基板へ転写しました。今回作製を試みたグレーティングは、溝幅に対して何倍もの溝深さがあるため、ボッシュアッププロセスを用いました。溝の側壁を保護する工程と掘り進める工程を交互に繰り返すことで、垂直な溝の形成が期待できます。ボッシュアッププロセス後はレジスト表面にも保護膜が付着しているため、それを除去するためにO₂アッシング処理を行いました。エッチング後のSEM画像を図4(b)に示します。側壁がほぼ垂直の二重周期構造が形成できました。

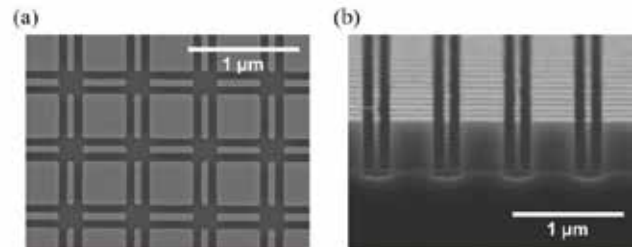


図4 作製試料のSEM画像。
(a) レジストパターンの上面 (b) Siグレーティングの断面

今後は、今回の検討で得られた最適条件を用いて提案素子を作製し、特性評価実験を行う予定です。