

■ 光学工房

サブ波長格子を用いたプラスチックス光学素子 (一)

近年のマイクロマシニング技術のめまぐるしい発展に伴い、ナノメートル精度の加工が可能となり、加工形状の深さや形状をコントロールした製品の製作が可能となってきた。さらに、マスクを用いたフォトリソグラフィやマスクを用いない電子線リソグラフィとエッチングの組み合わせにより、矩形形状、三次元形状や非球面を含むマイクロレンズの加工、光の波長より短い周期をもつサブ波長格子 (SWS: subwavelength structure) の加工も可能になってきた。

SWS は、光の波長より小さい形状を製作することにより、光の回折現象を用いずに、ある屈折率を有する一様な媒質を形成することが可能で、その屈折率は構造やそれを構成する物質の屈折率で決まる。この形状に方向性をもたせると、構造的複屈折とよばれる異方性が生じる。また屈折率分布を材質表面にもたせることができる。現在これらの特性を用いて、反射防止構造、偏光分離素子、波長選択フィルター等、さまざまな光学素子が研究され実用化されつつある。本稿では、SWS を用いた反射防止板、偏光ビームスプリッターを例に、設計例や光学特性について述べる¹⁻³⁾。

SWS を用いた光学素子の設計には、厳密な電磁界解法の Moharam が提案した RCWA (rigorous coupled wave analysis) 法がある。RCWA 法は周期構造を厚み方向の層に分割して、エッジ角度が傾いていても容易に取り扱うことができ、加工形状に

非常に近い状態での解析ができる。市販のソフトで RCWA のアルゴリズムを利用したソフトもあるが、ナルックスでは、大阪府立大の菊田助教授より提供されたプログラムに μ -GA を組み込むことにより自動に形状を最適化するソフトを開発し、SWS を用いた光学素子を製作した。

図 1 に SWS の製作工程を示す。基板には射出成形できる金型材料として Ni 合金を用い、この基板の上に電子線レジストをコーティングし電子線描画装置でパターンニングを行う。現像後ドライエッチングによりエッチングし、残ったレジストを有機アルカリ液にて除去すると SWS の形状ができる。電子線描画の露光時間、露光方法やエッチングの加工条件の調整により、優れた反射防止構造や偏光ビームスプリッターを製作することができた。

図 2 は反射防止構造の基準設計形状を表す。できるだけ平面部分をなくす構造として千鳥配列を採用した。格子の高さは、射出成形の転写率が 80% (深さ約 284 nm) でも十分光学性能を発揮できるように、格子断面形状を工夫することにより、透過率を上げることができた。図 3 は、設計形状から射出成形し全体に転写率が変わったときの波長に対する透過率特性をシミュレーションした結果である。

図 4 は電子線レジストに電子線描画し、ドライエッチングしてできた金型表面に形成された反射防止構造を示し、図 5 は射出成形された成形品の反射防止構造を示す。成形品の転写率は約 80% にとどまっている。この成形品の反射率特性と透過率特性を分光計で測定した結果を図 6 と図 7 に示す。可視の波長帯域で反射率が 0.5~1.0%、透過率で 97~98.5% となった。これらの結果から、一般的な

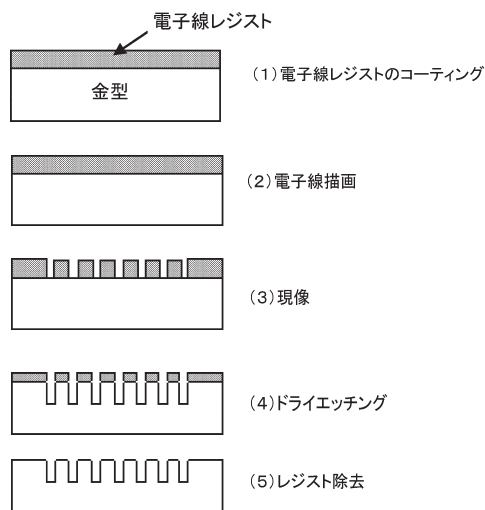


図 1 SWS 金型の製作工程。

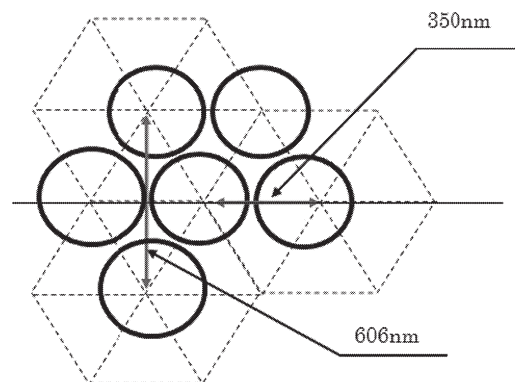


図 2 反射防止構造の基本設計形状。

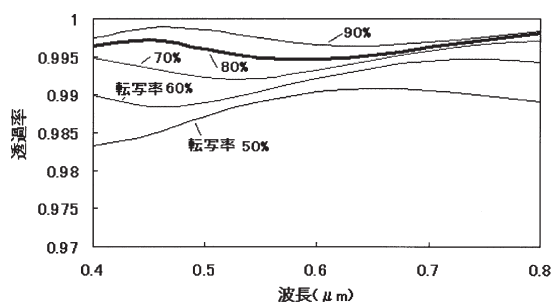


図3 成形転写率の差による透過率特性。

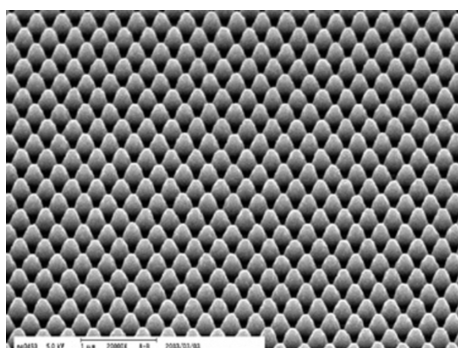


図4 金型の反射防止のSEM写真。

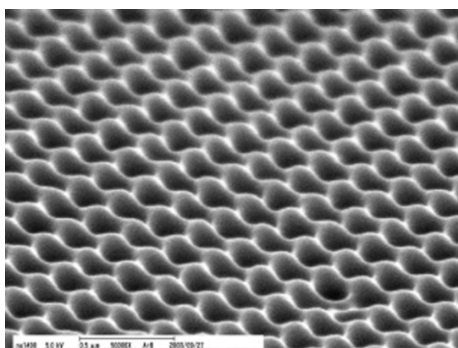


図5 成形品の反射防止のSEM写真。

ARコートとよばれる蒸着膜特性より波長依存性のない反射防止特性が得られたといえる。利用用途として、携帯端末等のディスプレイの反射防止やCCDセンサーのカバーガラス等、反射率低減の蒸着膜が必要な光学部品に適用できる。また、透過率特性が上がることで、発光源の部品等に加工できれば、発光輝度の上昇にもつながると考えられる。

金型作製の際に電子線描画装置を用いて加工しているため、大面積への展開は加工速度の問題から難しいと思われる。蒸着しにくい形状箇所への加工が有用である。図8は、実際に回折格子に反射防止構造

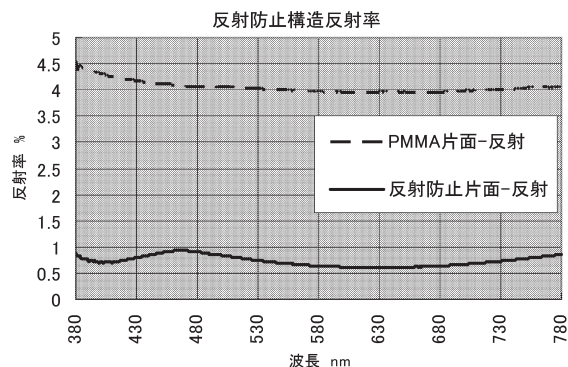


図6 反射率特性データ。

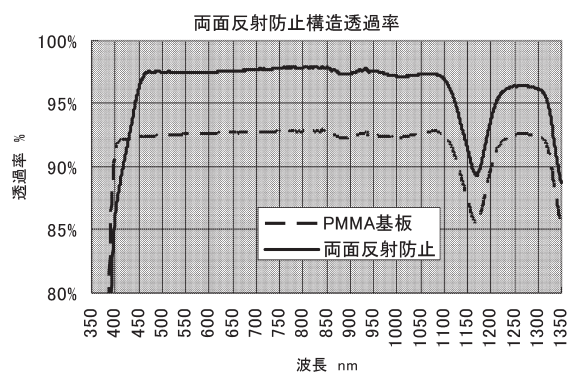


図7 透過率特性データ。

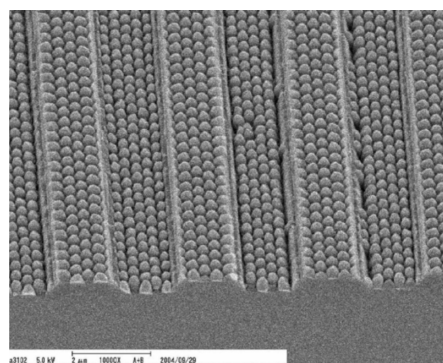


図8 回折格子に付けた反射防止構造。

造を付けた例であり、従来の蒸着では膜厚のばらつきや膜特性によって最終製品の特性が変化しやすいが、あらかじめ金型に加工しておくことで、二次要因の不良を削減できる効果がある。

(ナルックス(株) 岡田 真)

文 献

- 1) 北川清一郎ほか：O plus E, **26** (2004) 1058-1063.
- 2) 岡田 真：JETI, 6月臨時増刊号 (2005) 65-67.
- 3) 岡田 真：光アライアンス, **16** (2005) No. 10.