

構造色を利用したカラーフィルタの開発

シーズ育成試験 平成17年度採択課題

「ナノインプリントによる超微細回折格子を用いた光フィルタの開発」

東北大学 大学院工学研究科 准教授
金森 義明



カラーフィルタや波長選択フィルタはディスプレイや光計測装置など様々な用途がある。プロジェクトでは従来の発色原理と異なる構造色を利用したカラーフィルタを開発した。反射型と透過型の三原色フィルタの試作に成功した。ナノインプリントによる微細構造製作技術を用いて安価に製造する手法を提案し、実用化を目指した研究開発を行った。現在、企業との共同研究を進めている。

■ 研究内容、研究成果

特定の波長の光を透過あるいは反射するカラーフィルタ（波長選択素子）は、光計測や分析などの用途からディスプレイ（表示機器）に到るまで幅広く使われている。現在、その製作には染料や顔料を基板上に印刷等で配置する方法や、誘電体や金属薄膜を多層に成膜する方法が採用されている。今回のカラーフィルタ（波長選択素子）の開発では、新しい光学素子として注目されている導波モード共鳴格子（Guided-mode resonant grating: GMRG）を活用した。GMRGは、回折格子の周期を光の波長以下迄短くし、構造体の周期や格子幅などを制御することにより特定波長の光の反射率や透過率を変化させることができる。

カラーフィルタの基本構造は、図1に示すような光の波長以下の凹凸を持つ周期構造体であり、格子の周期や溝の幅を制御することで多様な色特性を持つカラーフィルタを形成することができる。格子層は1層であるため、ナノインプリントによる1回のリソグラフィで構造を形成することが出来る。

製作した透過型カラーフィルタの電子顕微鏡写真を図2に示す。格子材質はシリコンである。赤、緑、青フィルタにおいて光の波長以下の周期構造体が高精度に形成されていることがわかる。格子の形状はMaxwell方程式を近似することなく、その厳密解を求めることで決定される。リソグラフィやエッチングの条件を絞り込んでいくことで光利用効率の高いカラーフィルタを製作することに成功した。図3に製作した透過型カラーフィルタの分光透過率特性を示す。人間の目の分光感度特性に合わせた三原色フィルタを製作することに成功した。

図4にナノインプリントによる反射型カラーフィルタの製造工程を示す。格子層と基板を全てポリマーで構成することにより、安価に製作することが可能となる。ナノインプリントにより製作した反射型カラーフィルタの光学顕微鏡写真と反射率特性を図5に示す。加工前のポリマーは透明であるが、表面に周期構造を形成することにより鮮やかな三原色フィルタを形成することに成功した。

■ 今後の展開、将来の展望

ナノインプリント装置製造メーカ（アイトリックス㈱）との共同研究により、カラーフィルタの実用化を目指している。東北大で光学設計およびモールドの製作を行い、アイトリックス㈱でナノインプリントを行う分担で進めている。厳密解析に基づく格子パターンの改良、ナノインプリント条件の最適値を見出すことにより、さらに幅広い光学設計と高効率化が実現される。今後は市場への展開を積極的に行っていく。

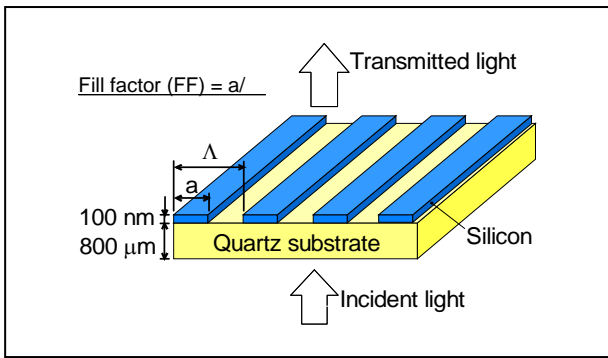


図1 カラーフィルタ基本構造

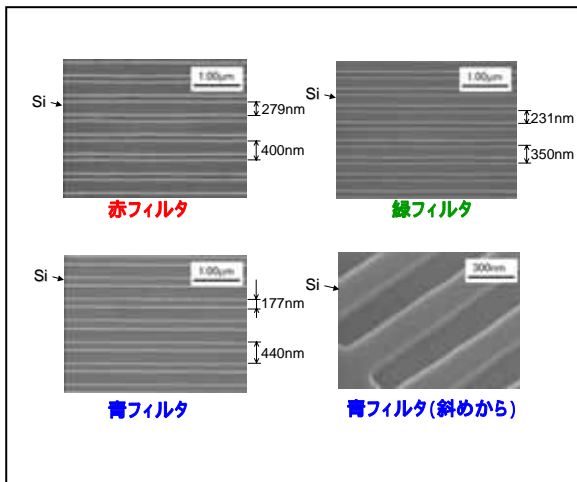


図2 製作した透過型カラーフィルタの電子顕微鏡写真

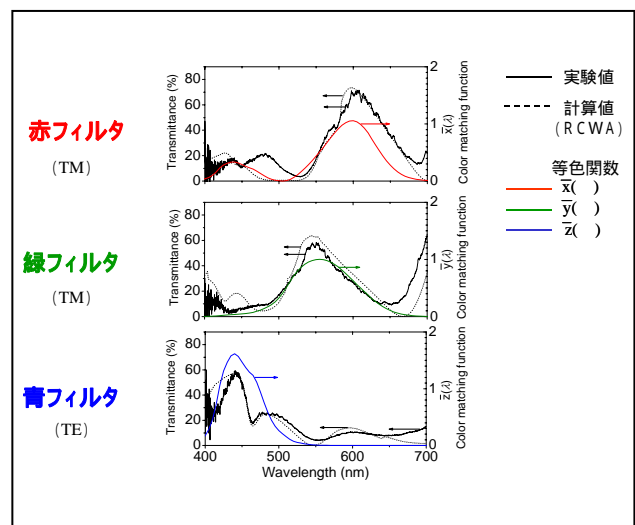


図3 透過型カラーフィルタの分光透過率特性

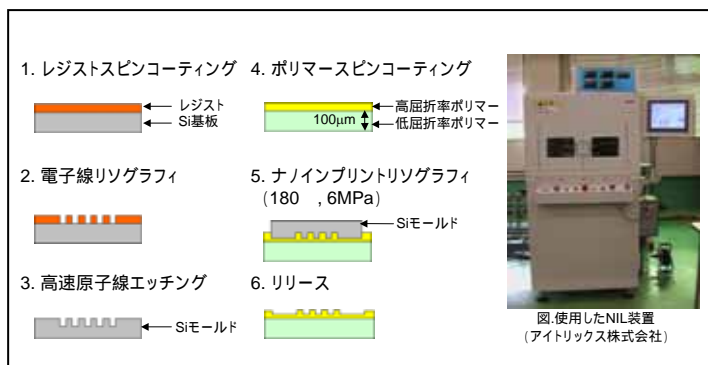


図4 ナノインプリントによるカラーフィルタの製造工程

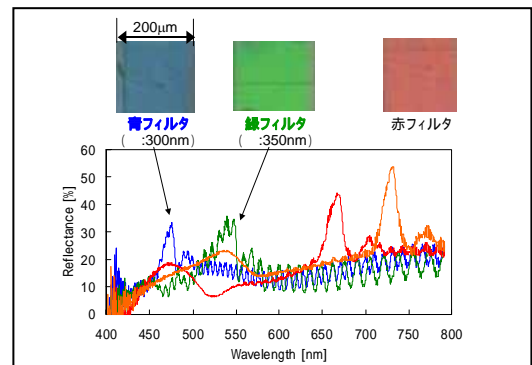


図5 ナノインプリントにより製作した反射型カラーフィルタの光学顕微鏡写真と反射率特性