

金属-誘電体-金属サブ波長格子による MEMS プラズモニックカラーフィルタの波長選択性の向上

Improvement of wavelength selectivity of plasmonic color filter

using Metal-Insulator-Metal subwavelength grating

豊橋技科大¹ 平田 敦也¹, 満留 将人¹, 澤田 和明¹, 高橋 一浩¹

Toyohashi University of Technology¹, A. Hirata¹, M. Mitsudome¹, K. Sawada¹, K. Takahashi¹

E-mail: hirata-a@int.ee.tut.ac.jp

1. はじめに

金属サブ波長格子は、表面プラズモンの異常透過現象由来の格子周期に依存した波長の特異的光透過を有し、様々な帯域の光学フィルタが設計可能であることが知られている。このフィルタは半導体微細加工技術を応用した簡易かつ一括の生産が可能であることなどの利点から、空間情報と分光情報が同時に取得できるハイパースペクトルイメージング素子などへの応用が期待されている。本研究では MEMS 技術を用いた可変プラズモニックカラーフィルタを開発し、MEMS 静電アクチュエータを用いた AI 格子の間隔拡張によって、透過光ピークシフトの連続制御を実現している^[1]。しかし、先行研究の AI サブ波長格子によるフィルタは、表面プラズモンの励起に起因しない長波長側の光リークが 50% 程度発生していたため、波長選択性の向上が必要であった。また一方で、金属/誘電体/金属(MIM)格子は長波長側の光漏れを抑制させ、波長選択性が向上した結果が報告されている。^[2]

そこで本研究では MIM サブ波長格子と静電アクチュエータの一体型フィルタである可変プラズモニックカラーフィルタの製作を目的とした。MIM 格子が高いアスペクト比構造を有しており、電子線リソグラフィ法などの既存プロセスでは実現困難であるため、FIB (Focused ion beam) 技術を用いたパターン形成によって実現した。

2. 提案構造

図 1 に示すように、フィルタの構造はガラス基板上に中空の MIM 格子を有しており、静電アクチュエータ部も MIM 構造で構成されている。このフィルタの可動電極と固定電極に電位差を与え、歯状電極を静電引力で駆動させることができる。それにより MIM 格子の周期を拡張し、透過波長ピークシフトの連続制御が期待できる。

製作方法として、始めに EB(電子ビーム)蒸着装置により、ガラス基板上に Al/SiO₂/Al/Si (膜厚: 50/150/50 nm / 1 μm) を堆積させ、FIB を用いて MIM 格子をパターンニングする。次に Ar ガスを用いたプラズマエッチングによって、FIB による残膜を除去した。最後に XeF₂ ガスによる等方性エッチングによりシリコン犠牲層エッチングを行い、MIM 構造をガラス基板から分離し、中空 MIM 構造を形成した。

3. 製作結果

可変フィルタ製作の前検討としてフィルタ部のみの製作を行った。図 2 に示すように格子周期 400-550 nm のフィルタを製作した結果、透過ピークは周期に依存して長波長側へシフトしており、そのシフト量はおおよそ周期増加と比例関係にあることが読み取れる。

一方、製作した可変フィルタを図 3 に示す。SEM 像より、可変フィルタをガラス基板からリリースするために十分な犠牲層エッチングを行うことができ、格子同士の張り付きの無い可変フィルタが観察された。これらの成果は、優れた波長選択性を持つ MIM 格子を MEMS アクチュエータと一体化した、1 ピクセルで可視領域を選択的に透過または表示する可変カラーフィルタ実現の可能性を示せた。

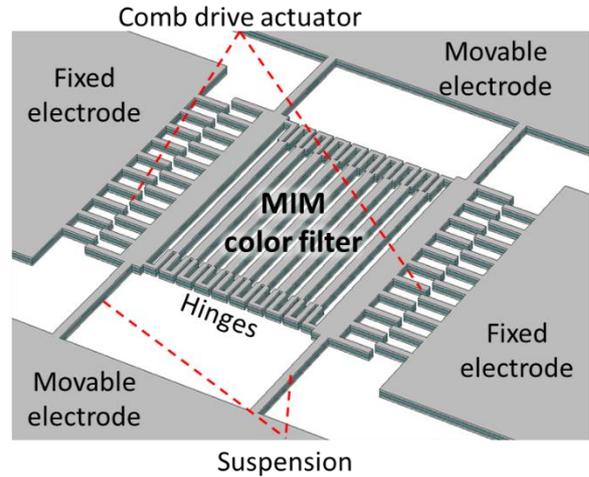


Fig. 1 MIM 可変カラーフィルタの概念図

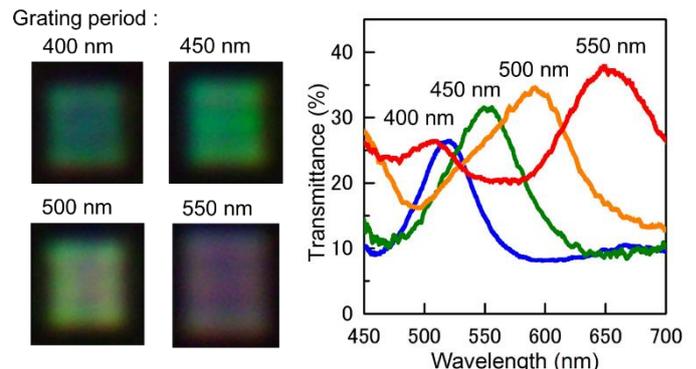


Fig. 2 試作した固定 MIM カラーフィルタの透過特性

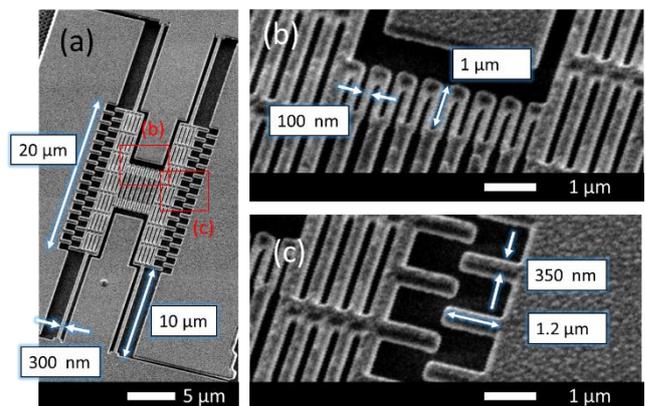


Fig. 3 製作した MIM 可変カラーフィルタの SEM 像

参考文献

- [1] H. Honma, et al., Journal of Micromechanics and Microengineering, 27, 3, (2017).
- [2] T. Xu, et al., Nat. Commun. 59, 10-1038-1058 (2010).