

高屈折率周期ブリッジ構造による可視光フィルター

Visible wavelength filter with high-contrast periodic bridge structure

徳島大理工¹, 徳島大 p-LED² ○高島 祐介¹, 原口 雅宣^{1,2}, 直井 美貴^{1,2}

Faculty of Sci. and Tech., Tokushima Univ.¹, Institute of Post-LED Photonics, Tokushima Univ.²

○Yuusuke Takashima¹, Masanobu Haraguchi^{1,2}, Yoshiki Naoi^{1,2}

E-mail: takashima@ee.tokushima-u.ac.jp

特定波長の光を反射(もしくは透過)する可視光フィルターは、ディスプレイや蛍光観察など幅広い応用が期待できる。特にサブ波長格子(SWG: Subwavelength grating)を利用したフィルターは、その帯域や対象波長が構造寸法により制御可能という利点がある[1,2]。しかし、高アスペクト構造やナノ構造のリフトオフなど高度なプロセス技術が要求される。そこで今回、我々が行ってきた高屈折率差 SWG による光制御[3]をヒントに、高アスペクト構造やリフトオフを必要としない可視光フィルターの検討を行ったので報告する。

提案構造(Fig. 1)は高屈折率 SWG の一部が重なったブリッジ構造であり、SWG 間にはスペーサー層がある。高屈折率 SWG には周囲との屈折率差によって電磁波固有モードが励起され[4]、上部と下部 SWG 間のモード干渉によって反射・透過が決定される[5]。ブリッジ厚み t_b が増加すると固有モード位相が影響を受けるため、 t_b の調整によって干渉を自在に制御できる。また、本構造はリフトオフを必要とせず、SWG 同士がつながっているため、パターン倒壊もない。

Figure 2 に有限差分時間領域法により計算した本構造の p 偏光(図 1 の電場方向)に対する反射特性を示す。構造は、可視域で共鳴反射が生じるよう周期 $\Lambda = 300$ nm, 格子幅 $w = 150$ nm スペーサー層の高さを 100 nm とし、SWG 材料は高屈折率の TiO_2 (屈折率 2.5)、スペーサーは電子線レジスト(屈折率 1.5)を想定している。SWG 高さ $t_{\text{high}} = 100$ nm の時、波長 483 nm における反射率ピーク(半値幅約 10 nm、反射率約 98%)が見られた。また狙い通り t_b の増加に伴い、ピーク位置が長波長シフトしており対象波長制御が可能である。

Figure 3(a), (b)に $t_{\text{high}} = 100$ nm ($t_b = 0$ nm)と $t_{\text{high}} = 120$ nm ($t_b = 20$ nm)の場合の波長 483 nm における電界分布を示す。 $t_{\text{high}} = 100$ nm の場合(Fig. 3(a)), SWG とガラス基板界面において、格子部とスペーサー部の電界が逆位相になっている。そのため透過電場(基板側)が打ち消され、共鳴反射が生じると考えられる。一方、 $t_{\text{high}} = 120$ nm の場合(Fig. 3(b)), わずか $t_b = 20$ nm 重なりによって、格子-スペーサー部の電界が同位相になっており、光学応答が劇的に変化していることが分かる。これらの結果は、①リフトオフが不要で重なり厚さのみで波長フィルター性能が制御可能、②他のナノ波長フィルターより高い効率が実現できることを示している[1,2]。

以上のように複雑なプロセスが不要かつパターン倒壊にも強い TiO_2 周期ブリッジ構造を利用し、高効率な可視光フィルターが実現できることを示した。

謝辞：本研究の一部は科研費 JP18K04238 および LED general platform project of Tokushima University の支援によって行われた。

参考文献 [1] Y.-T. Yoon *et al.*, Appl. Phys. Express. **5**, 022501 (2012). [2] D. Fleischman *et al.*, ACS Photonics **6**, 332 (2019). [3] Y. Takashima *et al.*, Appl. Opt. **56**, 8224 (2017). [4] C. J. Chang-Hasnain and W. Yang, Adv. Opt. Photonics **4**, 379 (2012). [5] Y. Ekinici *et al.*, Opt. Express **14**, 2323 (2006).

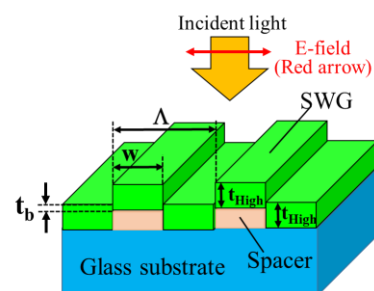


Fig.1 Schematic of high-contrast bridge SWG

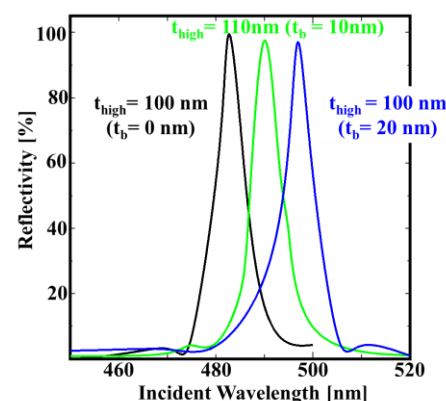


Fig.2 Dependence of reflection spectra of our SWG on t_b

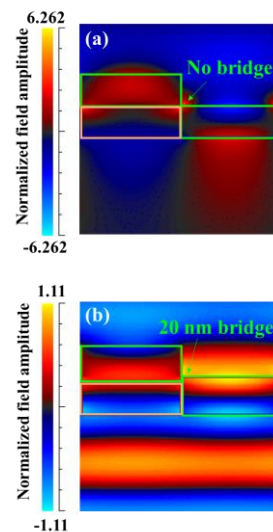


Fig.3 E-field distribution of bridge SWG with (a) $t_b = 0$, (b) $t_b = 20$ nm