

Cr-サブ波長回折格子を用いた紫外域偏光制御の理論的検討

Theoretical analysis of polarization control for UV wavelength region using Cr-subwavelength grating

徳島大学 ATS¹, STS² °高島祐介¹, 南原康亮¹, 清水亮¹, 原口雅直^{1,2}, 直井美貴^{1,2}The University of Tokushima, °Yuusuke Takashima¹, Kousuke Nambara¹, Ryo Shimizu¹,Masanobu Haraguchi^{1,2} and Yoshiki Naoi^{1,2}

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

近年のリソグラフィ技術の発展に伴い、入射光よりも短い周期を持つサブ波長回折格子(Sub-Wavelength-Grating:SWG)の作製が可能となってきた。SWG ではブロッホ波と入射光の相互作用により低損失な偏光選択性や高反射が得られ、多岐にわたる光デバイスへの応用が期待される。特に光吸収の大きな紫外領域で有利である。今回、入射波長 $\lambda=360\text{nm}$ に対し Cr(屈折率は[1]参照)を用いた SWG 内の光伝搬特性を理論的に検討したので報告する。

SWG 部では周期的な屈折率分布によって固有モードはブロッホ波となる[2]。固有モードの振る舞いが平面波に近いとき SWG は実効屈折率を持つ様な媒質として振る舞う[3]。実効屈折率は SWG の充填率 F(格子幅/周期)と偏光状態に依存する。まず、我々は SWG 内における分散関係を用いて固有モードの振る舞いの検討を行った。Fig.1 に境界条件から求めた分散関係を示す。 Λ は回折格子周期、 k_a 、 k_s は空隙部と格子部波数ベクトルである。Fig.1 の直線と曲線の交点が固有モード存在条件を示しており、伝搬領域で交点を持つモードが伝搬に寄与するモードである。分散関係より $\lambda/\Lambda=1.3$ 以下の周期で伝搬モードは最低次のみになることが分かった。すなわち、固有モードが平面波として存在する条件である。しかし、 $\Lambda \ll \lambda$ が満たされない場合ブロッホ波は固有モードとして考慮する必要がある。固有モードを考慮した場合のガラス上の Cr-SWG における透過率と厳密な電磁界分布を有限時間差分法(FDTD)により検討を行った。Fig.2 に透過率の格子高さ t 依存性を示す。TM、TE 偏光とも t の増加に伴い透過率が減少し、TE 偏光の透過率は $t=100\text{nm}$ でほぼ 0 になる。一方、TM 偏光に対しては $t=100\text{nm}$ で透過率が 70%以上であり、TM 偏光に対しては TE 偏光に比べ高い透過率が得られた。また、Fig.3(a)(b)に TE、TM 偏光入射における電界分布を示す。TE 偏光に対しては回折格子部と空隙部共に電界が存在し、最低次ブロッホ波と Cr 中の自由電子の作る分極電界が打ち消し合うため透過電界が弱まる。一方、TM 偏光では、電界は Cr 内にほとんど入り込まない。したがって、ブロッホ波は分極電界による減衰を受けないため、SWG を透過する電界は TE 偏光に比べ強くなっている。 $t=125\text{nm}$ では偏光比(TM/TE)は約 80 で TM の透過率は 70%以上が期待される。

以上の解析により分散関係によって固有モードの振る舞いを解析し、その影響を考慮することで波長 360nm の光に対し偏光比 80 以上かつ透過率 70%以上で偏光制御が可能であることを明らかにした。

謝辞:本研究の一部は科学研究費補助金(基盤研究(c)24560377)により行われた。

参考文献[1] P.B.Johnson and R.W. Christy,Phys.Rev.B,**9** (1974) 5056. [2] V.Karagodsky *et al.*,Opt.Express,**18** (2010) 16973. [3] L.Zhang *et al.*,Appl. Phys. Lett.**95** (2009) 261110.

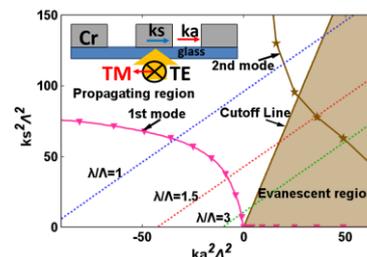


Fig. 1 Dispersion relation in Cr-SWG

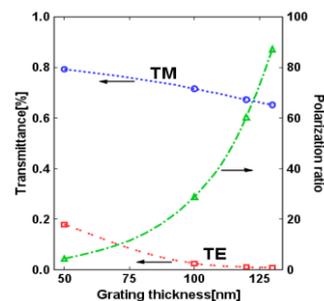


Fig. 2 Transmittance through Cr-SWG

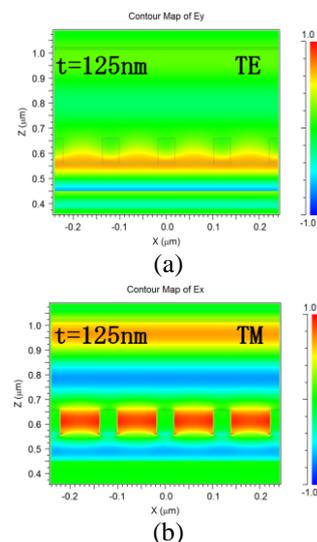


Fig. 3 Electric field distribution