19p-C1-10

サブ波長金属回折格子の紫外域偏光特性の理論検討

Theoretical investigation of polarization characteristics in UV wavelength region for metal sub-wavelength grating

徳島大学 ATS[1], STS[2]　○高島祐介[1]，清水亮[1]，原口雅宣[1,2]，直井美貴[1,2]

The University of Tokushima, ○Yuusuke Takashima[1], Ryo Shimizu[1], Masanobu Haraguchi[1,2] and Yoshiki Naoi[1,2]

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

紫外光偏光制御はラビング素子やリソグラフィ等の応用が期待されており、高偏光比、低損失、小型化が要求される。この要求を満たす偏光制御法として入射波長λ以下の周期Λを持つサブ波長回折格子(Sub-Wavelength-Grating:SWG)を用いたものがある。Λ<<λの場合、SWG では光の偏光方向によって屈折率が異なる複屈折現象が現れ、偏光制御が可能であることが知られている[1]。その設計には SWG を均質膜とみなす有効媒質近似(Effective-Medium-Theory: EMT)が用いられるが、実際には SWG 部には周期的な屈折率分布から固有モード(ブロッホ波)が存在しており、この近似は実際の特性とは大きく異なる。今回、固有モードの観点から偏光制御に対する SWG 設計指針を検討したので報告する。

SWG 材料は屈折率実部と虚部の影響を調査するため Pt(屈折率 n_{Pt}=1.6247+2.6046i)と W(n_W=3.1775+2.5224i)としλ=360nm、Λ=120nm、充填率は 0.7 とした。ガラス上に配列された SWG に TE、TM 偏光の光を垂直に入射する(Fig.1)。SWG 固有モードはエネルギーと運動量保存則(分散関係)を満たす場合入射光と相互作用する[1]。分散関係より n_{Pt}=1.6247 のとき伝播方向の波数βと横方向波数 ka の比がβ/ka=1.47(TE)と 1.59(TM)、n_W=3.1775 のときβ/ka=1.06(TE)と 1.08(TM)となる固有モードのみが入射光と相互作用することが分かった。β/ka の値が小さいモードは横方向に伝播する成分があることを示しており、SWG 材料の屈折率実部が大きいほど平面波とは異なる挙動を示すことが予測される。Fig.1(a)、(b)に n_{bar}=1.6247 と n_{bar}=3.1775 の場合の透過率の格子高さ依存性を示す。実際に Fig1(a)に示すように Pt-SWG の場合、EMT と FDTD 数値計算結果は良い一致を示す。一方、Fig.1(b)に示すように W-SWG については EMT と FDTD 結果のずれが Pt に比べ大きいことが分かる。また、屈折率虚部の影響ついても検討を行った。n_{bar}=1.6247+2.6046i(Pt)と n_{bar}=3.1775+2.5224i(W) の場合の EMT と FDTD による計算結果を Fig2(a)(b)示す。光の吸収がある場合、特に TM 偏光に対し FDTD と EMT の結果は Pt、W 共に大きく異なっており、実際に得られる偏光比の低下を招くことが分かった。これは、SWG 屈折率の虚部が大きくなれば、分散関係が変化し大きな横成分を持ったモードの存在が許されるようになるため SWG 中の光の振る舞いは EMT を用いることができる条件から大きく異なったためと考えている。

以上のように屈折率が SWG 内の光の振る舞いに及ぼす影響を固有モードの観点から検討を行った。また横方向成分を持たない固有モードのみが励起されるように SWG 屈折率を選ぶことで高い偏光比が得られる可能性を示した。

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] L. Zhang, et al., Appl. Phys. Lett. **95**, 261110 (2009). [2] V.Karagodsky et al.,Opt.Express,**18** (2010) 16973.

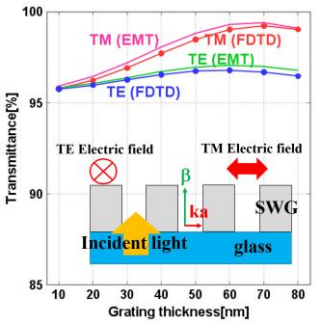


Fig.1 (a) Transmittance through Pt SWG (without light absorption)

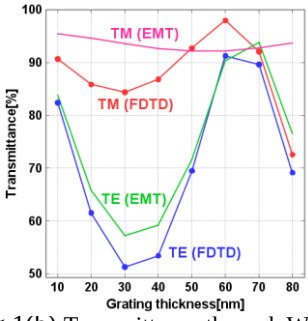


Fig.1(b) Transmittance through W SWG (without light absorption)

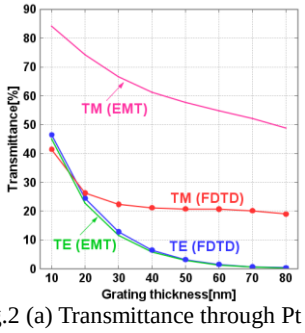


Fig.2 (a) Transmittance through Pt SWG (with light absorption)

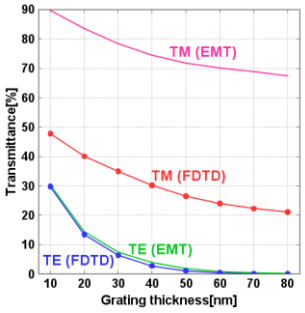


Fig.2(b) Transmittance through W SWG (with light absorption)

© 2014 年　応用物理学会