

中赤外用金属薄膜サブ波長多重格子構造偏光子の挿入損失低減化

Insertion-Loss Reduction of Multiple Metal-Film Subwavelength Grating Polarizers for Mid-Infrared

〇樋口 翔吾, 柿沼 洋, 清水 淳, 白石 和男, 依田 秀彦, 六本木 誠 (宇都宮大工)

〇Shogo Higuchi, Hiroshi Kakinuma, Jun Shimizu, Kazuo Shiraishi, Hidehiko Yoda, Makoto Roppongi (Utsunomiya Univ.)

E-mail: kazuos@cc.utsunomiya-u.ac.jp

1. はじめに

中赤外域は分子の指紋領域と言われ、分子の種類を見分けることが可能な波長域である。また、人間の体温の波長ピークに相当し、医療機器や監視カメラなどに応用可能である。我々は、中赤外域からテラヘルツ帯の新しい偏光子として金属薄膜のサブ波長格子から成る偏光子を提案している[1,2]。中赤外用として先に多重格子構造を提案し、40dB以上の高消光比が実現できることを示した[3]。しかし挿入損失の低減化が課題であった。

本報告では、本偏光子の挿入損失低減化として、基板の薄型化、多重格子構造偏光子の基板両面化、反射防止(AR)層を設ける、の3方法を検討した結果を示す。

2. 基板両面サブ波長多重格子構造偏光子の作製結果

図1は基板両面に3重サブ波長格子構造偏光子を形成し、波長10~25μmにおけるTM波損失(挿入損失)とTE波損失の測定結果である。偏光子の基本構造は、周期 $A=2.3\mu\text{m}$ 、高さ $h=1.6\mu\text{m}$ 、金属(Al)層の1層あたりの厚さ $t=7\text{nm}$ 、中間層(a-Si)の1層あたりの厚さ $T=1.0\mu\text{m}$ である。基板(Si)は、従来0.5mm [3]であったものを0.3mmとし、吸収損失を低減化した。TE波透過損失は、測定に用いたFTIR装置のダイナミックレンジで制限される値20~30dBが得られた。しかし、挿入損失は、4~12dBであり、低減化は不十分であった。

3. AR層を有する偏光子構造

図2は、両面にサブ波長格子が形成された基板の片面を偏光子構造とし、基板表裏面の最外層に反射防止効果を持つ薄膜を設けた構造である。RCWA法を用いて透過損失特性を計算した結果を図3に示す。ここで、金属層Al($t=7\text{nm}$)、中間層a-Si($T=1.0\mu\text{m}$)、AR層としてZnS(屈折率 $n=2.2$ 、消衰係数 $\kappa=0$ 、膜厚 $1.7\mu\text{m}$)を仮定し、基板中での吸収および基板裏面での反射損失を無視した。比較のためAR層が無い場合も示した。AR層を設けることにより、広い波長範囲にわたり、挿入損失を1dB以下にできることがわかる。

4. AR層用ZnSの成膜実験

中赤外域において成膜が容易で屈折率が適当な値をもつ材料としてZnSを候補とした。図4は、ZnSの光学膜厚を波長 $15\mu\text{m}$ において $\lambda/4$ となる $1.7\mu\text{m}$ とし、スパッタ法によりSi基板の片面上に成膜を行い、FTIR装置を用いて透過率測定を行った結果である。一般にZnSの結晶は、波長 $13\mu\text{m}$ 以上で不透明になるが、成膜されたZnSは波長範囲10~25μmではほぼ透明かつAR効果をもつことがわかった。今後、偏光子上に成膜する予定である。

参考文献

- [1] 小山, 他, 信学ソサ大, 9a-M-3(2009).
- [2] K. Shiraishi, et al., J. Lightwave Technol., **29**, 670(2011).
- [3] K. Shiraishi and H. Yoda, Opt. Exp., **21**, 13998(2013).

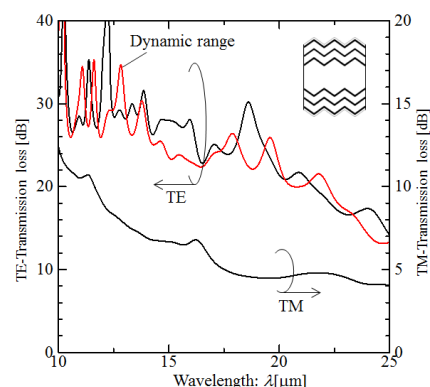


Fig. 1. Measured transmission losses of the polarizer composed of multilayers on both side of the Si substrate.

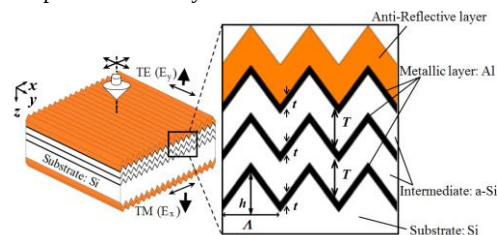


Fig. 2. Schematic diagram of the polarizer with AR layers.

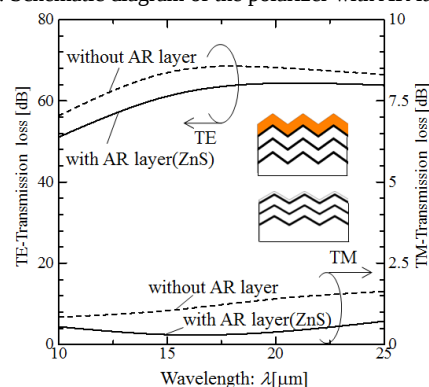


Fig. 3. Calculated transmission losses of the polarizer with an AR layer.

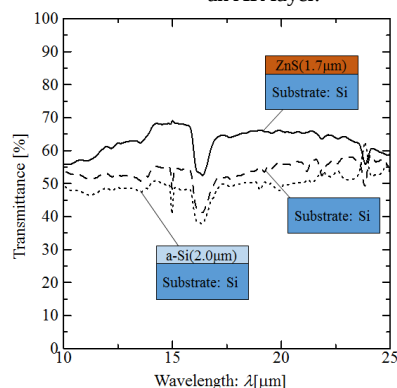


Fig. 4. Transmission spectrum of ZnS coated Si substrate.