

銀薄膜を用いたテラヘルツ帯金属薄膜サブ波長格子構造偏光子

Silver-Film Subwavelength Grating Polarizers for Terahertz Region

○村木 兼吾、白石 和男、依田 秀彦、大野 泰司 (宇都宮大工)

○Kengo Muraki, Kazuo Shiraishi, Hidehiko Yoda, Hiroshi Ohno (Utsunomiya Univ.)

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

1. はじめに

図 1 に示す金属薄膜サブ波長格子構造偏光子は、中赤外域からテラヘルツ帯の新しい偏光子として期待できる[1]。テラヘルツ帯用としては既に Au を金属層とした偏光子が高い性能を有することが示されている[1-4]。

前回、金属種として Au, Ag, Pt を比較し、Au が最も優れていることを報告した[3]。今回、新たに Ag を金属層として検討した結果、Au の場合と同等以上の特性が得られることが判明したので報告する。保護層を設ければ Ag を用いた偏光子は耐環境特性にも優れ、作製も安価に行える特長がある。

2. 金属の光学特性

サブ波長格子構造偏光子用の金属種としては、複素屈折率の絶対値が大きいことが望ましい[1]。図 2 に 0.5~3THz における Au と Ag の複素屈折率の実部(n)と虚部(κ)を示す[5]。Au より Ag の方が複素屈折率の絶対値が大きく、Ag を金属層に用いると高特性が期待できる。

金属薄膜の光学特性は成膜条件に大きく依存するため、実際に薄膜を作製し、その透過損失を測定して複素屈折率の絶対値を評価した。高周波スパッタ法により、膜厚 20nm の金属薄膜を作製し、その透過損失を測定した結果を図 3 に示す。金属膜が十分薄い場合、その透過損失 α は、主に金属表面での反射損失に依存し、

$$\alpha \cong 10 \log \{(n^2 + \kappa^2)/16\} \text{ [dB]} \quad (1)$$

と近似できる。これより、作製した金属薄膜の中で複素屈折率の絶対値が最大であったのは Ag であることが分かった。

3. 作製方法

金型 (下館精機株式会社) を用いたインプリント法により、Tsurupica®樹脂基板に周期 25 μm 、先端角 25° の三角断面形状の 1 次元格子を形成した[4]。格子面に高周波スパッタ法を用いて Ag 薄膜を 25nm 成膜し、さらにその上に 20nm 厚の a-Si 膜を形成して保護層とした。作製した偏光子の外観を図 4 に示す。

4. 光学特性測定結果

測定には時間領域分光法(TDS)を用いた。図 5 は、超短パルスの出力波形、TE 波および TM 波に対する透過損失の周波数依存性測定結果である。0.5~2.5THz の広い範囲で消光比 40dB 以上、挿入損失 (TM 損失) 1dB 以下の良好な特性が得られた。高周波域で消光比が低下している原因は測定系のダイナミックレンジの制限による。この結果は、金属層に Au を用いた場合と同等の特性であり、より安価な Ag でも性能の良い偏光子を作製出来ることを確認した。

参考文献

- [1] K. Shiraishi, et al., *J. Lightwave Technol.*, 670(2011).
- [2] 村木, 他, 第 75 回秋季応用物理学術講演会, 19p-C6-9(2014).
- [3] 村木, 他, 第 62 回春季応用物理学術講演会, 13a-A14-1(2015).
- [4] K. Shiraishi and K. Muraki, *Opt. Exp.*, 16676(2015).
- [5] M. Ordal, et al., *Appl. Opt.*, 744(1987) 及び 1099(1983).

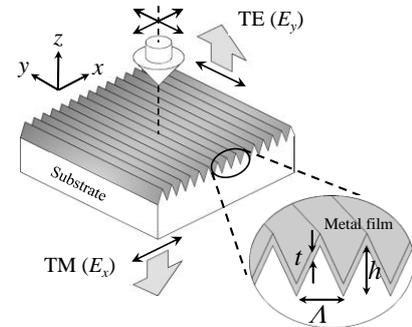


Fig. 1. Schematic diagram of the polarizer.

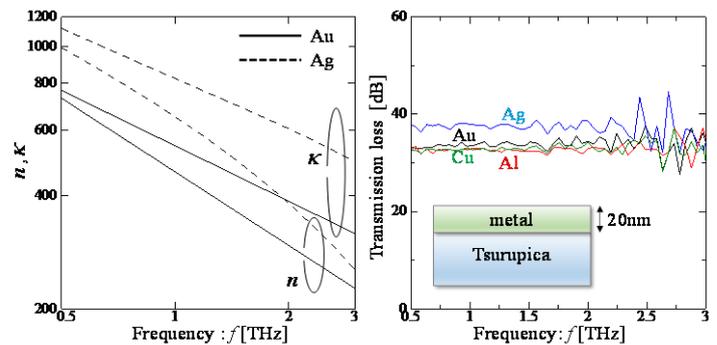


Fig. 2. Complex refractive-indices of Au and Ag [5].

Fig. 3. Measured transmission losses of metal films.

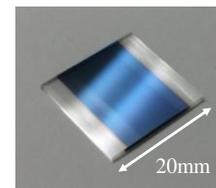


Fig. 4. The polarizer fabricated.

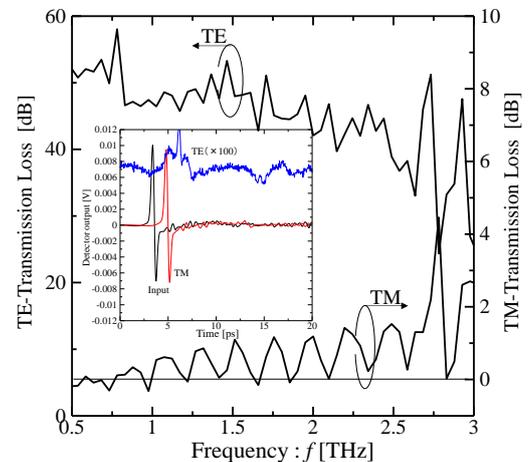


Fig. 5. Measured optical characteristics of the polarizer employing the Ag film.