

フレキシブル薄フィルム上 2 層構造カットワイヤーによるテラヘルツ波用 1/4 波長板の設計と評価 Measurement and Design of Terahertz Quarter-Wave Plate with Double-layer Metal Cut Wires on Flexible and Thin Film

○大内 隆嗣¹ 鈴木 健仁^{1*}

○Ryuji Ohuchi¹ Takehito Suzuki^{1*}

茨城大学大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻¹

Major in Electrical and Electronic Engineering, Ibaraki University¹

*E-mail: takehito@mx.ibaraki.ac.jp, <http://suzuki-lab.ee.ibaraki.ac.jp/>

1. まえがき

テラヘルツ波の円偏光発生制御は、通信、イメージング、物性研究などへの応用の際に非常に重要な技術となる。メタマテリアルを用いた構造[1]、ホールアレー[2]やピラーアレー[3]を装加した金属平行平板積層構造などが報告されている。特にテラヘルツ波送信デバイスに装着することで通信へ応用する際を考えると、薄くフレキシブルなフィルム構造が非常に簡便である。そこで本稿では、フレキシブル薄フィルム上 2 層構造カットワイヤー[4]により、テラヘルツ波用 1/4 波長板を設計、作製した。さらにテラヘルツ時間領域分光法により評価した。

2. テラヘルツ波用 1/4 波長板の動作原理と設計

図 1 に 2 層構造カットワイヤーの解析モデルを示す。カットワイヤーは x , y 軸方向で周期構造である。周期境界壁を用いて、1 周期分を抜き出せる。図 2 は作製した 2 層構造カットワイヤーである。カットワイヤーに対して 45 度、または 135 度傾けた直線偏光のテラヘルツ波を入射する。入射光はカットワイヤーに垂直成分と平行成分を有する。2 つの成分の透過光の位相差が 90 度になり、透過電力が等しくなるように設計することで、円偏光が得られる。

表 1 に設計パラメータを示す。設計周波数は 0.41 THz である。図 3 は楕円率と透過電力の等高線図である。 l と s の値を変化させ、その他は表 1 の値で固定している。金属は完全導体を用い、基板の屈折率 n は $n=1.53$ である。X マークが作製パラメータで、楕円率-0.95、透過電力 91%である。解析は有限積分法電磁界シミュレータ AET 社 CST MWSTUDIO を用いた。

3. 1/4 波長板の作製と実験結果

作製した 1/4 波長板は 1 辺が 40 mm である。片面が作製誤差により $l=207.7 \mu\text{m}$, $w=39.8 \mu\text{m}$ となっている。図 4、図 5 にテラヘルツ時間領域分光法による楕円率、透過電力の実験結果を示す。正の楕円率は左旋偏光、負の楕円率は右旋偏光を表す。入射側から見て定義している。45 度入射では 0.43 THz で透過電力 82%、楕円率-1.00 である。135 度入射では 0.43 THz で透過電力 88%、楕円率 0.94 である。図 4、図 5 の作製誤差を考慮した解析と非常によく一致している。狭帯域であるが、カットワイヤーのパラメータにより簡易に所望の周波数を設計できる。低価格で大口径な構造を容易に実現できる。

4. まとめ

フレキシブル薄フィルム上 2 層構造カットワイヤーによるテラヘルツ波用 1/4 波長板を設計、作製した。テラヘルツ時間領域分光法により評価し、狭帯域ではあるが非常に良好な楕円率と透過電力を得た。

参考文献

- [1] X. G. Peralta et al., Opt. Express **17**, 773 (2009).
- [2] M. Nagai et al., Opt. Lett. **39**, 146 (2014).
- [3] N. Mukai et al., IRMMW-THz 2014, T4/D-19.10 (2014)

[4] 内田 他, 電子情報通信学会論文誌 **J79-B-2**, 459 (1996).

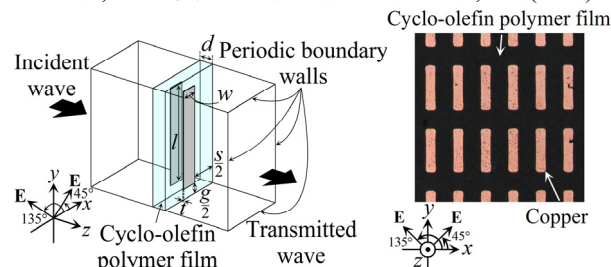
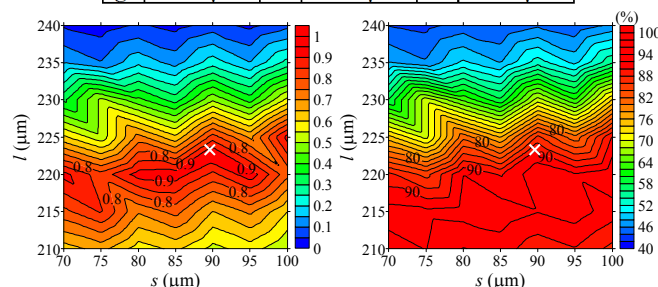


Fig. 1 Designed model with periodic boundary walls.

Fig. 2 Fabricated terahertz quarter-wave plate.

Table 1 Parameters of fabricated quarter-wave plate.

l	222.8 μm	w	49.2 μm	t	0.5 μm
g	91.9 μm	s	89.6 μm	d	50.0 μm



(a) Ellipticity (b) Transmission power
Fig. 3 Contour maps at 0.41 THz.

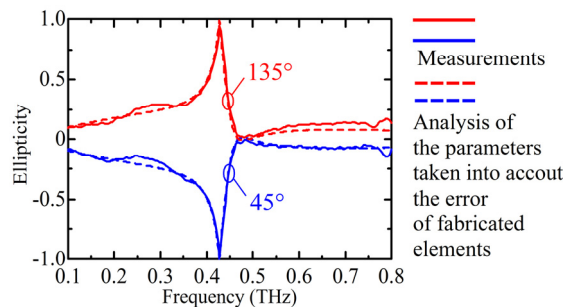


Fig. 4 Ellipticity.

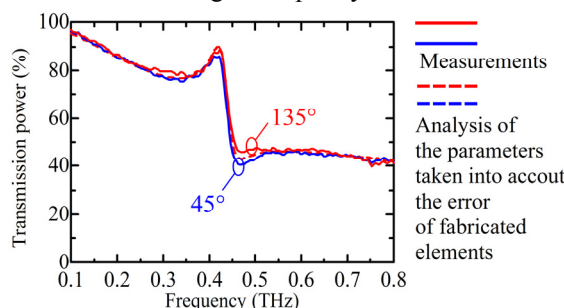


Fig. 5 Transmission power.

謝辞

本研究の一部は、総務省 SCOPE (122103011)の委託、文部科学省科研費若手研究(A)(26706017)と文部科学省科研費挑戦的萌芽研究(26600108)の助成を受けたものである。また、テラヘルツ時間領域分光法による実験にご協力いただいた有限会社スペクトルデザインの高橋様に深く感謝申し上げます。