

多孔質 PMMA 材料を用いたミリ波用フレネルゾーンプレートの検討

Study on Fresnel Zone Plates for Millimeter-Waves Using Porous PMMA Materials

○大野 真之介, 伊東 良太, 本間 道則, 能勢 敏明(秋田県大システム)

○Shinnosuke Ohno, Ryouta Ito, Michinori Honma, and Toshiaki Nose
(Systems Science & Tech. Akita Prefectural Univ.)

E-mail: m16b003@akita-pu.ac.jp

1 研究背景

電磁波のスペクトル領域において、ミリ波帯域の電磁波は光のように直進性が強く現れると共に、光ほど雲や塵による散乱効果が大きくないという特徴を持つ。近年、特殊な応用分野だけでなく民間でも利用が拡大してきており、小型・広帯域な無線アクセスシステムへの応用などが期待されている。

一方、比較的低い電圧により光学的特性を大幅に変えられる液晶材料は、ディスプレイ以外にも多様な応用が考えられる。液晶は可視光領域での利用だけでなく、より長波長のミリ波に対しても大きな複屈折を示すことから、低電圧、低消費電力のミリ波制御デバイスを実現する有力な候補として期待できる。

しかし、光波領域に比べると桁違いに長い波長領域であることから厚い液晶層と大型な素子構造が必要となる。

そこで、ミリ波帯で機能する液晶制御デバイスの実現を目指し、高分子中に液晶分子が分散した構造をもつ高分子分散型液晶(PDLC)を用いる手法について検討を行ってきた¹⁾。本研究では、PMMA 材料を切削加工した後に液晶をしみこませる手法により、ミリ波用のフレネルゾーンプレートを実現する手法について検討を行った。

2 多孔質 PMMA 材料の作製

分子量 100 万の PMMA を水/エタノール混合溶媒に 60℃で加熱溶解(4wt%)し、冷却相分離・溶媒乾燥することでバルク型の多孔質材料を作製した²⁾。作製したバルク型の材料の外観を Fig.1 に、内部構造の SEM 観察画像を Fig.2 に示す。最終的に得られる多孔質 PMMA 材料はほぼ容器の形状に沿ったものとなるが、相分離から溶媒蒸発の過程で大幅な収縮が生じ、表面に歪みが現れる。しかし、SEM 画像から分かるように、良好な多孔質構造が得られており、光散乱によって、外観上は白く見える。



Fig.1 Porous PMMA bulk

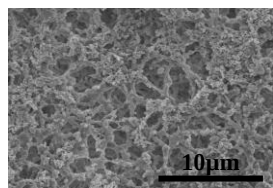
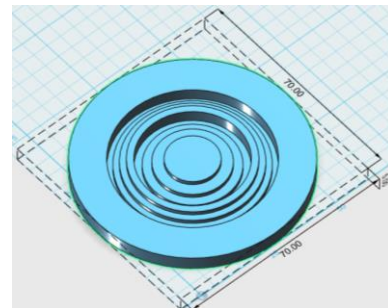


Fig.2 Microstructure (×5000)

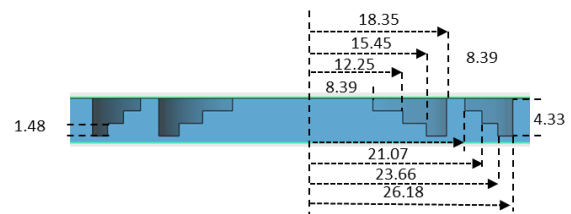
3 フレネルゾーンプレートの設計

これまで検討を行ってきた多孔質 PMMA を用いたミリ波制御デバイスを実現するため、回折型光学素子の作製を目指した。光波用に設計された液晶デバイスの単純なスケールアップでミリ波制御デバイスを実現しようとする場合、素子サイズが非常に大きくなり、大量の液晶材料が必要となる。そこで、一般的なレンズを同心円状に分割することで厚さを大幅に減らしたフレネルゾーンプレートを設計した。Fig.3 は 4 ステップで近似したフレネルゾーンプレートの構造を示す。ここでは、ミリ波の波長を 70GHz、焦点距離 $F=30\text{mm}$ 、液晶を K15 とし、ランダムに配向した時の液晶の平均的な誘電率を考慮して設計を行った³⁾。

本研究では、バルク型の多孔質 PMMA 材料を準備し、切削加工によって設計したフレネル形状を導入した。そこに液晶を注入することによってミリ波用の液晶フレネルゾーンプレートを作製し、得られる特性を検討した結果について発表する予定である。



(a) General structure



(b) Cross section

Fig.3 Designed-4-step Fresnel zone plate

【文献】

- 1) S.Ohno et al., IDW, LCTp2-16L, (2014).
- 2) H.Uyama, SeniGakkaishi, **65**, pp.272-276(2009).
- 3) James C. Wiltse, Proceedings of SPIE, vol. 4111, pp.201-209(2000).