

Bull's eye 構造の FDTD 法によるシミュレーション

株式会社 科学技術研究所 科学技術部 (<https://www.kagiken.co.jp>)

1. 解析概要 テラヘルツ波のイメージング技術への応用には空間分解能の確保が重要であり、一般に微小開口をもつ金属板が用いられる。このデバイスは透過率が低いため、Bull's eye 構造は、微小開口を中心に同心円状の回折格子を付与している。特定周波数において回折格子での共鳴により、透過特性が向上する。また透過後側にも回折格子を付与すると電磁波が直進性の高いモードに変化して透過伝播する。本文書では、両面に回折格子を持つ Bull's eye 構造を FDTD 法によりシミュレートした結果を報告する。

2. 解析条件 Bull's eye 構造の形状を Fig.1 に示す。Bull's eye 構造は完全導体とした。Table.1 の解析条件のもと、電磁波解析ソフト KeyFDTD^{TR} で解析、透過スペクトルを導出した。

3. 解析結果 透過スペクトルは Bull's eye 構造透過後のポインティングベクトルから導出した。電磁波の進行方向成分のポインティングベクトルを進行方向と垂直な平面で総和し、透過量を求めた。FDTD 法による解析と文献[1]の実験結果の比較を Fig.2 に示す。FDTD 解析では、 $\lambda = 213[\mu\text{m}]$ 付近にピークが得られた。文献[1]の実験結果より長波長側にシフトしているが、よく一致している。

ピークが長波長側にシフトした理由は、文献の Bull's eye 構造の厚みが不明な点や、メッシュ幅を原因とする形状誤差の影響が考えられる。また、透過量の少ない $\lambda = 240[\mu\text{m}]$ と透過量の少ない $\lambda = 213[\mu\text{m}]$ の電界強度分布を Fig.3 に示す。中央に Bull's eye 構造があり、左から右に電磁波が進行している。Fig3(a)から、共鳴しない波長では Bull's eye 構造で電磁波がほぼ全て反射されている。Fig.3 (b)から、共鳴する波長では透過前に加え、透過後の回折格子でも共鳴を起こし、直進性の高いモードに変化して透過伝播する様子が見て取れる。

4. まとめ 電磁波解析ソフト KeyFDTD を用いて Bull's eye 構造のシミュレーションを行い、実験の傾向と一致する良好な結果が得られた。また、共鳴波長で Bull's eye 構造両面の回折格子に共鳴する様子が確認できた。

[1] 三瓶 有輝 他, “表面波共鳴テラヘルツ波共振器デバイスの動作解析”, 電気関係学会東北支部連合大会 講演論文集, 2013/8

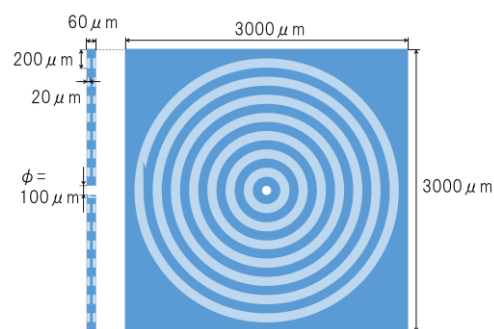


Fig.1 Bull's eye structure

Table 1. Analysis condition

Frequency	1.25~1.75[THz]
Boundary condition	x, z:PERIODIC y:PML
Computational domain	3000x1400x3000[μm]
Mesh size	x, z:16.7[μm]= $\lambda / 10.3 \sim 14.4$ y:5[μm]= $\lambda / 34.3 \sim 48.0$
Timestep	0.841751e-14[sec]

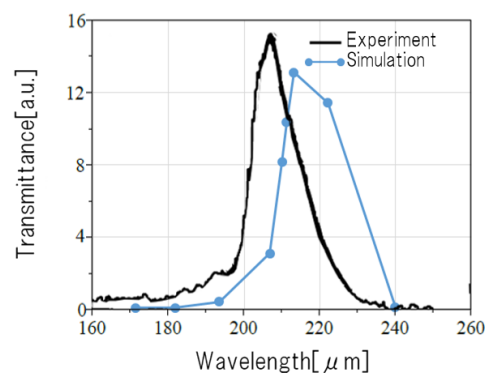


Fig.2 Experimental and simulated transmittance spectra

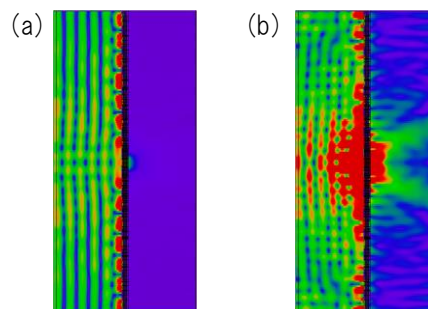


Fig.3 Electric field distribution ((a) $\lambda = 213[\mu\text{m}]$, (b) $\lambda = 240[\mu\text{m}]$)