

### テラヘルツ周波数選択板を用いたサンプルホルダの透過特性

梅澤, 涼 / UMEZAWA, Ryo

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014162>

# テラヘルツ周波数選択板を用いたサンプルホルダの透過特性

## TRANSMISSION CHARACTERISTICS OF A SAMPLE HOLDER USING TERAHERTZ FREQUENCY SELECTIVE SURFACES

梅澤 涼

Ryo Umezawa

指導教員 柴山 純

法政大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程

Sample holders composed of two multi-layer terahertz frequency selective surfaces (FSSs) are analyzed using the finite-difference time-domain method with the periodic boundary condition. It is observed that the sample holders maintain the transmission band comparable to the single FSS.

**Key Words** : Finite-difference time-domain (FDTD) method, Perfect electric conductor (PEC), Terahertz (THz) wave, Sample holder, Frequency selective surface (FSS)

### 1. はじめに

マイクロ波・ミリ波帯からテラヘルツ (THz) 帯において、周波数選択板 (FSS) の研究が盛んに行われている [1]-[9]。マイクロ波・ミリ波帯では、アンテナやレーダーを保護するためのレドームとしてしばしば利用される [6], [7]。他方、THz 帯ではその特徴を利用したセンサ [8] やイメージング [9] などへの用途が検討されている。実際の計測では、試料を保持するホルダが必要になるが、その際ホルダは THz 波の広帯域かつ高効率な透過特性を持つことが望まれる。筆者らは、2枚の正方形パッチ間にクロスダイポールが挿入されたパッチ-ダイポールパッチ (PDP) 型 FSS [1] に着目し透過特性を評価した [10], [11]。しかしながら、2枚の FSS を用いるサンプルホルダの具体的な解析は行われていなかった。

本研究では、FSS 単体と比較しながら、サンプルホルダの透過特性を調査する [12]。サンプルホルダでは、FSS 単体と同等の透過帯域を維持しながら、より急峻な周波数特性が得られることを明示する。

### 2. 本論

図 1 にホルダの構造を示す。構造の周期を  $\Lambda = 180 \mu\text{m}$ 、誘電体層の厚さを  $t_{h1} = 10 \mu\text{m}$ 、 $t_{h2} = 20 \mu\text{m}$  に選ぶ。金属は完全導体とし、金属膜厚を  $t_m = 2 \mu\text{m}$  とする。誘電体の屈折率を  $n_s = 1.5$  (PE) に選ぶ。また、正方形パッチ及びクロスダイポールの構造値を  $w_s = 80 \mu\text{m}$ 、 $w_c = 16 \mu\text{m}$ 、 $d = 160 \mu\text{m}$  に固定する。2枚の FSS 間にサンプル挿入部として自由空間を設け、その間隔  $L$  を変化させて透過特性へ及ぼす効果を調査する。

解析には、周期境界条件を適用した FDTD 法 [13] を使用し、1 周期のみを取り扱う。解析に用いる刻み幅を  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 1.0 \mu\text{m}$  に選ぶ。入射波には横方向に一律な振幅をもつ  $E_x$  偏波のパルス波を用い、 $+z$  方向に励振する。

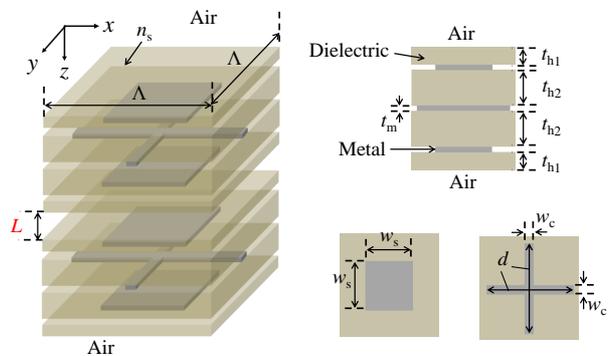


図 1 構造

図 2 に、 $L$  を変化させた場合の透過率の周波数特性を示す。比較のため、FSS 単体の結果を併記している。サンプルホルダの結果は、FSS 単体と同等の透過帯域を維持しながら、より急峻な周波数特性を示す。また、単体素子では見られなかった高い透過率が 0.44 THz 付近で得られる。図示しないが、単体素子 [11] と同様に正方形パッチの素子長を短く選び、クロスダイポールの素子長を周期長と一致させることで、透過帯域を広くできる [14]。

図 3 に、 $L = 10 \mu\text{m}$  の場合における主偏波 ( $E_x$ ) の

界分布を示す。図の白線は金属の位置であり、構造の中心における  $x$ - $z$  面を示している。図 3(a) より、0.44 THz の場合、クロスダイポールの端部で界が局在し、透過している様子が観察される。他方、0.8 THz では、全ての金属の端部でほぼ等しい振幅で界の局在していることが確認できる (図 3(b)).

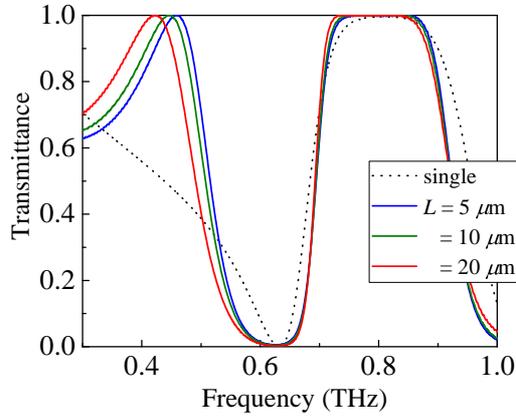


図 2  $L$  の変化に対する透過特性

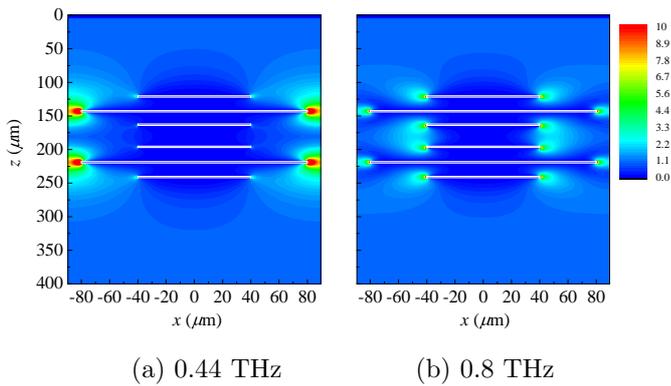


図 3 界分布 ( $E_x$ ,  $L = 10 \mu\text{m}$ ,  $x$ - $z$  面)

### 3. 結び

2 枚の THz FSS を用いたサンプルホルダを FDTD 法により解析し、透過特性を評価した。サンプルホルダでは、FSS 単体と同等の透過帯域を維持しながら、より急峻な周波数特性が得られることを示した。

### 参考文献

- 1) W.G. Yeo, V. Sanphuang, N.K. Nahar, and J.L. Volakis, "THz periodic surfaces to enhance spectroscopic measurements," in *Proc. Int. Conf. Electromagn. Adv. App.*, pp. 924-925, 2012.
- 2) M.E. Macdonald, A. Alexanian, R.A. York, Z. Popovic, and E.N. Grossman, "Spectral transmittance of lossy printed resonant-grid terahertz band-pass filters," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol.

48, no. 4, pp. 712-718, 2000.

- 3) S. Vegesna, Y. Zhu, A. Bernussi, and M. Saed, "Terahertz two-layer frequency selective surfaces with improved transmission characteristics," *IEEE Trans. THz Sci. Technol.*, vol. 2, no. 4, pp. 441-448, 2012.
- 4) V. Sanphuang, N.K. Nahar, and J.L. Volakis, "Frequency selective surfaces filters to enhance performance of Ka band applications," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 56, no. 3, pp. 563-568, 2013.
- 5) Y.E. Erdemli, K. Sertel, R.A. Gilbert, D.E. Wright, and J.L. Volakis, "Frequency-selective surfaces to enhance performance of broad-band reconfigurable arrays," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 50, no. 12, pp. 1716-1724, 2002.
- 6) P.C. Kim, D.G. Lee, I.S. Seo, and G.H. Kim, "Low-observable radomes composed of composite sandwich constructions and frequency selective surfaces," *Compos. Sci. Technol.*, vol. 68, no. 9, pp. 2163-2170, 2008.
- 7) F. Costa and A. Monorchio, "A frequency selective radome with wideband absorbing properties," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 6, pp. 2740-2747, 2012.
- 8) C. Debus and P.H. Bolivar, "Frequency selective surfaces for high-sensitivity terahertz sensors," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 91, no. 18, pp. 184102-1-3, 2007.
- 9) S.A. Kuznetsov, A.G. Paulish, A.V. Gelfand, P.A. Lazorskiy, and V.N. Fedorinin, "Bolometric THz to IR converter for terahertz imaging," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 99, no. 2, pp. 023501-1-3, 2011.
- 10) 柴山, 尾崎, 山内, 中野, "テラヘルツ帯における多層型周波数選択板の透過特性," 信学総大, C-15-20, 2014.
- 11) 尾崎, 柴山, 山内, 中野, "正方形パッチとクロスダイポールで構成された多層型テラヘルツ周波数選択板の透過特性," 信学技報, EST2014-31, pp. 121-126, 2014.
- 12) 梅澤, 柴山, 山内, 中野, "テラヘルツ周波数選択板を用いたサンプルホルダの透過特性," 信学ソ大, C-15-7, 2016.
- 13) A. Taflov and S.C. Hagness, *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method*, Norwood, MA: Artech House, 2005.
- 14) 梅澤, 柴山, 山内, 中野, "テラヘルツ周波数選択板を用いたサンプルホルダの広帯域透過特性," 信学総大, C-15-5 2017.