

テラヘルツ波高機能制御のためのメタマテリアルによる光学素子・アンテナの研究

鈴木 健仁¹

1. 茨城大学 工学部 電気電子工学科

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

テラヘルツ波帯では産業応用に向け、光学素子やアンテナの開発が急速に進められている。電磁メタマテリアルによる高屈折率無反射構造、負の屈折率構造、ゼロ近傍屈折率構造を用いて、テラヘルツツナノイメージング[1]応用や高利得アンテナなど新たな観測ツールの開発が可能となる。テラヘルツ電磁メタマテリアルの研究開発では電気特性だけではなく、材料特性、試作法、試作実現性の注意深い検討がマイクロ波、ミリ波帯より一層重要となる。

そこで現在、一層構造導波管スロットアレーアンテナ[2, 3]と呼ばれるミリ波大面積平面波励振高効率アンテナ[4-6]の研究を拡張し、テラヘルツ電磁メタマテリアルレンズ、テラヘルツ波帯アンテナ、表面プラズモンを利用したテラヘルツ波帯伝送線路の研究に取り組んでいる。

テラヘルツ電磁メタマテリアルレンズの研究では、正の屈折率制御のため金属方形チップ周期構造[7, 8]と金属溝周期構造[9]により $n > 1$ の領域、金属スリット構造[10, 11]により $0 < n < 1$ の領域の研究を進めている。また負の屈折率制御のため、マイクロ波帯での先行研究[12, 13]を参考に、リング構造を装加した金属スリット構造で $n < 0$ の領域の制御[14]を進めている。金属スリット構造により 10^{-6} 以下の高消光比と高透過率を両立するテラヘルツ波帯ワイヤグリッド[15, 16]の研究にも取り組んでいる。

テラヘルツ波帯アンテナでは、パターンめっき・転写法による印刷技術を応用したフレキシブルなアンテナ[17]の開発を進めている。さらに指向性制御、感度向上、光混合応用のため、積層薄フィルム構造による八木・宇田型光伝導アレーアンテナ[17]を提案し、現在、試作、実験を進めている。今後、電磁メタマテリアルレンズとの一体化を目指す。

表面プラズモンによるテラヘルツ波帯伝送線路では、ダイポールアレー構造[18]や超微細インクジェット工法[19]の長所を活かした準3次元ポストアレー構造を提案[20]し、それぞれ設計、試作を進めている。現在までの一連の研究内容で、発表済みの内容をまとめたスライドを[21]に収めている。

謝辞

本研究の一部は、総務省 SCOPE (122103011)の助成を受けたものである。本研究を大きく推進してくれている研究室の学生、スタッフの皆様へ深く感謝いたします。また以下の共同研究者の皆様、日頃より貴重なアドバイスを頂いている皆様へ深く感謝申し上げます。

萩行正憲教授(大阪大)、高野恵介博士(大阪大)、北原英明博士(大阪大)、谷正彦教授(福井大)、山本晃司准教授(福井大)、永井正也准教授(大阪大)、Withawat Withayachumnankul 博士(アデレード大)、御田護博士(株式会社 M&M 研究所)、舘野貴一様、滝田隆夫様、稲田禎一博士(左記3名 日立化成株式会社)、直之進様、John C. Young 博士(ケンタッキー大)、安藤真教授(東工大)、広川二郎准教授(東工大)

参考文献

- [1] Y. Kawano and K. Ishibashi, Nature Photonics, vol. 2, pp. 618-621, Oct. 2008.
- [2] 後藤, 信学技報, AP88-39, pp. 39-43, Jul. 1988.
- [3] N. Goto, IEICE Tech. Rep., AP89-3, pp. 17-21, Apr. 1989.
- [4] T. Suzuki, et al., IEICE Trans. Commun. vol. E92-B, no.01, pp. 150-158, Jan. 2009.
- [5] T. Suzuki, et al., IEICE Trans. Commun. vol. E92-B, no.10, pp. 3236-3242, Oct. 2009.
- [6] T. Suzuki, et al., IEEE Trans. Antennas Propag., vol.58, no.12, pp.3891-3896, Dec. 2010.
- [7] T. Suzuki, et al., Applied Physics A, vol. 109, no. 4, pp. 825-830, Nov. 2012.
- [8] Y. Takebayashi, et al., "Focusing Effect Measurements of Artificial Dielectric Lens with Metal Rectangular Chips for Terahertz Wave Band," Appl. Phys. A. (published)
- [9] T. Konno, et al., Applied Physics A, Vol. 109, No. 4, pp.1103-1108, Nov. 2012.
- [10] T. Suzuki, et al., Appl. Phys. A, "Parallel Plate Lens with Metal Hole Array for Terahertz Wave Band," Appl. Phys. A. (published)
- [11] T. Suzuki, et al., Appl. Phys. A, "Analysis and Design of Concave Lens with Metallic Slit Array for Terahertz Wave Band," Appl. Phys. A. (published)
- [12] R. Marques, et al., Phys. Rev. Lett., vol. 89, no. 18, pp. 183901-1-183901-4, Oct. 2002.
- [13] T. Ueda, et al., IEICE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 55, no. 6, pp. 1280-1287, 1280, June 2007.
- [14] 岸 他, 2012 年秋季 第 73 回 応用物理学関係連合講演会, 11p-B1-1, 愛媛大学・松山大学, Sep. 2012.
- [15] Y. Kishi, et al., IRMMW-THz 2013, Sep. 2013.
- [16] 岸 他, 2013 年秋季 第 74 回 応用物理学関係連合講演会, 18p-A14-6, 同志社大学, Sep. 2013.
- [17] K. Irie, et al., 2013 年春季 第 60 回 応用物理学関係連合講演会, 28p-D1-4, 神奈川工科大学, Mar. 2012.
- [18] M. Yashiro, et al., IRMMW-THz 2013, Sep. 2013.
- [19] K. Takano, et al., Appl. Phys. Lett. vol. 99, no. 16, pp. 161114-1-161114-3, Oct. 2011.
- [20] 古謝 他, 2013 年秋季 第 74 回 応用物理学関係連合講演会, 18p-A14-11, 同志社大学, Sep. 2013.
- [21] 鈴木, 電子情報通信学会 テラヘルツ応用システム研究会, 北海道大学, Aug. 2013. (招待講演)