

<研究紹介・自己紹介>

研究項目 A01 計画研究ア

「周期構造を利用したマイクロ波メタマテリアルの開発と応用」

研究分担者 久保 洋 (山口大学)

私は山口大学大学院理工学研究科電子情報システム専攻に所属しており、電磁波デバイス工学に関する研究と教育を行っています。特に最近ではマイクロ波分野の漏れ波アンテナ等の通信用電磁波デバイスやメタマテリアルといった電磁波を導波する構造を利用してデバイスへ応用することに興味を持っています。学生時代は「光通信」という言葉が新聞やテレビに登場した頃で、光導波路を対象とした電磁波数値計算法について勉強をしていました。1度メーカーに就職をして、やはり当時、一般に名前が知られるようになった「自動車電話」、いまの携帯電話について研究開発を行い、大学に戻ってきました。紆余曲折があり、当時の何か新しいものばかりに飛びついている感もありますが、ここ20年ほどは先に述べましたマイクロ波の分野で仕事を行っています。

マイクロ波に関わるようになって周期構造を扱うことが何度かありました。その関係で十数年前に金属ストリップを周期的に並べた人工誘電体の概念に出会った時、自然に人工媒質の世界に入ることになりました。最初の数年間は人工誘電体を研究対象としていたのですが、そのころ、あの David Smith 等による負屈折率媒質の論文が出まして、段々と研究対象がメタマテリアル一般へと広がりました。

さて現在行っている課題から一つご紹介します。図1に示すのは左手系の伝送線路モデルに基づいて構造設計を行った2次元の負屈折率媒質です。誘電体円柱に銅箔がz軸方向に周期的に巻かれています。この図では見にくいですが、銅箔と銅箔は細い銅線で接続されています。このような円柱をx-y平面内で6方格子状に並べたものは、x-y平面内を伝搬するz方向に偏波した電磁波に対して、負屈折率媒質としての特性を示します。電気回路の観点からこの構造を説明すると、巻きつけた銅箔と隣の円柱の銅箔の間にキャパシタンスがあり、これがy-z平面内を伝搬する電磁波にとっては伝送線路の直列成分と

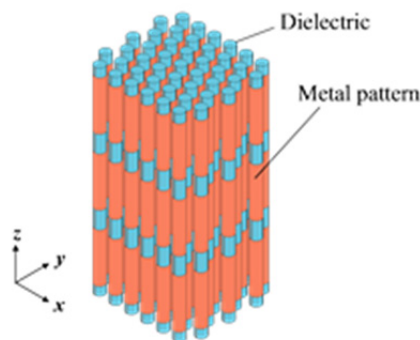


図1 2次元負屈折率媒

なります。また銅箔間を接続する銅線はインダクタンスを持ち並列成分となるため、左手系の伝送線路となります。実験では、このような円柱を6方格子配置を基本として厚みのある板状に並べ平板型レンズを作成しました。平板型レンズに線状波源から4.34GHzの電磁波を入射させて、レンズの反対側で電界分布を測定しました。図2(a)(b)はその大きさと位相を表しています。また波は概ねy軸方向に伝搬しています。図の中心あたりで大きくなり、またその周囲で位相は同心円状になっています。このことから板状媒質を通過した波はここで焦点を結んでいることが分かります。さらに $y = 90$ mmの断面内の電界分布から、回折限界を超える像が得られるというスーパーレンズとしての評価を行っています。

このように2次元の負屈折率媒質としては働くのですが構造が複雑で、より高い周波数で製作するのは中々難しいところです。もう少し簡単な構造で負の屈折率を持つものができるか、また3次元の負屈折率媒質構造が次の課題だと考えています。

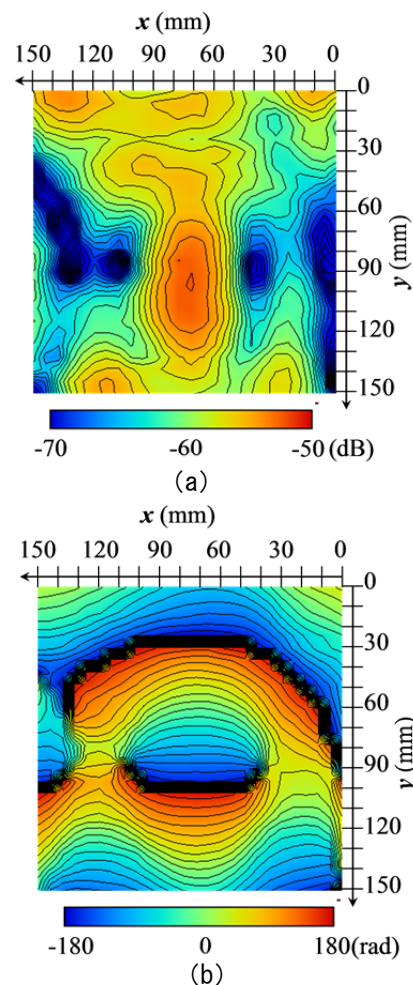


図2 電界分布

(a)振幅分布(b)位相分布

[1] H. Kubo, K. Nishibayashi and A. Sanada, " New Negative Index Material and Experimental Verification of Exceeding Diffraction Limit," Proceedings of the 40th European Microwave Conference, Paris, pp.25-28, Dec. 2010.

[2] T. Fukushima, H. Kubo, A. Sanada, and T. Yamamoto, "Negative Index Material Composed of Cylinders with a Metal Pattern," Proceedings of the Asia-Pacific Microwave Conference 2011, Melbourne, pp.530-533, Dec.2011.