

左手系を実現するチップ型電子部品の開発

Development of chip electronic component with left handed characteristics

東條 淳^{*1} 藤井 高志^{*1} 景山 恵介^{*1} 鷹木 洋^{*1} 北野 正雄^{*2}

Atsushi TOUJO Takashi FUJII Keisuke KAGEYAMA Hiroshi TAKAGI Masao KITANO

^{*1}株式会社 村田製作所

Murata Mfg. Co.,Ltd.

^{*2}京都大学 工学研究科

Graduate School of Engineering, Kyoto University

1. まえがき

メタマテリアルは波長に対し十分小さい素子を波長に比べて狭い間隔で配置する事によって、人工的な連続媒質を構成し、従来にはない特性を実現しようとするものである。特に、誘電率と透磁率が同時に負であるものは左手系メタマテリアルと呼ばれ、盛んに研究が行われている。[1][2]

負の透磁率を実現するものとして分割リング共振器(SRR)がよく知られているが、我々は、SRRの代わりに積層セラミックコンデンサ(MLCC)が使用できることを示した[3]。また、負の誘電率は金属細線によるものがよく知られているが、チップコイルやヘリカルスプリングが使用できることを示した[4]。

MLCC とチップコイルの共振周波数を一致させて、負の透磁率と負の誘電率を同じ周波数領域で発現させれば、負屈折率が達成できるはずである。

利用の容易さのためには、2つの機能を1つの素子で実現することが望ましい。これを実現するものとして、ヘリカルスプリングの中に MLCCを入れる方法を検討してきたが[5]、加工精度の影響を受けやすく、十分な左手系の特性を実現できていない。

そこで、今回、この加工精度の影響を軽減するため、MLCC と半波長線路を組み合わせ、チップ型電子部品構造にできないか検討したところ、左手系の特性が確認できたので報告する。

2. 負の透磁率を実現する構造

MLCC は共振によって負の透磁率を示すが、共振には上部、下部2層ずつの電極が主に参与している。そこで負の透磁率を実現する構造として、これら4枚の電極のみを残すこととした。

3. 負の誘電率を実現する構造

負の誘電率はヘリカルコイルで実現できることが分かったが、基本的には半波長の線路であれば

よいので、ミアング線路でも問題ない[4]。

今回、MLCC と組み合わせやすいS字型のミアング線路を考案した。ミアング線路は MLCC 構造を上下2層にした事により空いた中央部分に配置した。また、上下面にはチップサイズに対しある程度大きな面積を占める電極を接続した。これは部品の位置ずれによる影響を受けにくくすること、容量を持たせ、短い線路で共振を可能にするためである。ただし、これにより線路やグランドとチップ部品の間隔の影響を受けやすいという問題もある。

4. 左手系を実現する電子部品

以上、MLCC と、半波長線路を組み合わせると左手系を実現する電子部品を作ることができる。アンソフト社製シミュレータ「HFSS」にて、左手系を実現するチップ型電子部品を設計した。構造を Fig.1 に示す。アジレント社製材料測定システム 85071E の測定治具の大きさに合うように $2.5 \times 2.0 \times 1.8 \text{ mm}$ で設計した。

ストリップライン内に1個内蔵した場合の透過特性を Fig.2 に、誘電率と透磁率をSパラメータ法で算出したシミュレーション結果を Fig.3 に示す。誘電率と透磁率が同時に負となる帯域がある事を確認した。

また複数のチップを周期配置すると、隣接するチップ間で磁気結合を起こし、1個の時より透磁率の共振周波数が上がってしまう。そのため周期配置するチップの間隔を考慮して、MLCC 部分の共振周波数を低めに設計しておく必要がある。

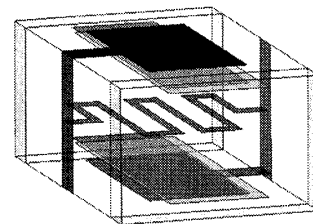


Fig.1 左手系を実現するチップ型電子部品

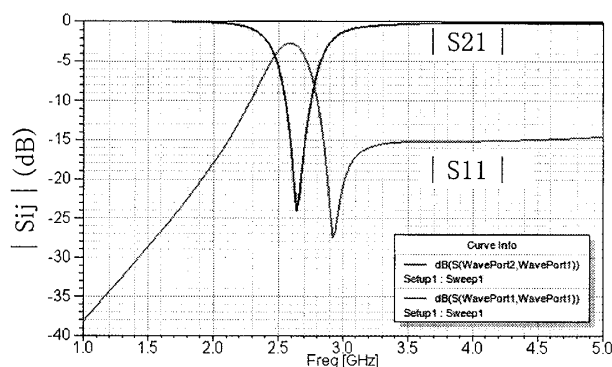


Fig.2 透過特性のシミュレーション結果

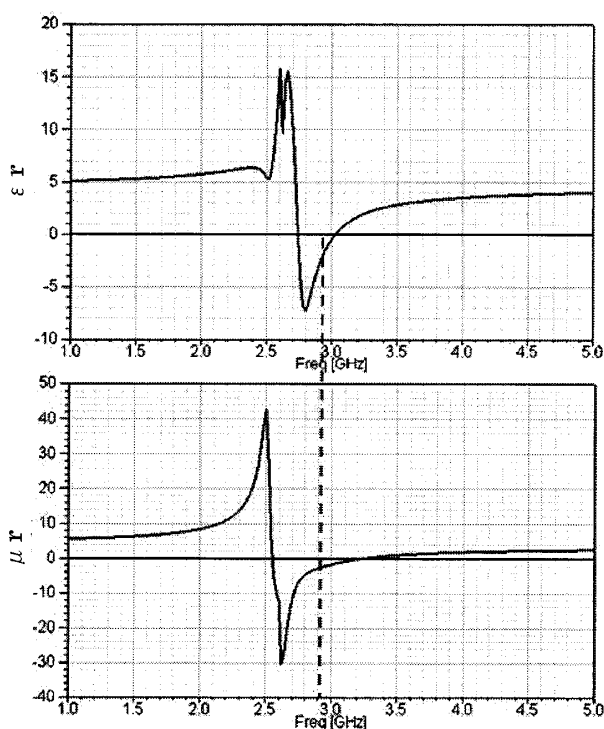


Fig.3 誘電率、透磁率のシミュレーション結果

5. 試作結果

以上の設計を基に、左手系（負屈折率）チップ素子の試作を行い、アジレントテクノロジー社製材料測定システム 85071E で測定を行った結果を Fig.4 に示す。

誘電率と透磁率が負となる周波数が少しずれているため、狭い帯域ではあるが同時に負となる帯域が存在することも確認できた。

また、チップ型電子部品をマイクロストリップラインに挿入し、その個数により位相の変化の傾向が変わる事も確認できた。

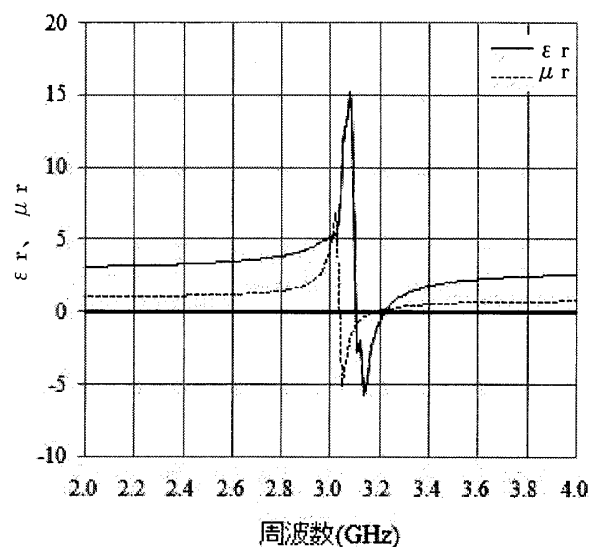


Fig.4 測定結果

5. まとめ

負の透磁率を持つ MLCC と、負の誘電率を持つ半波長線路を組み合わせ、左手系を実現するチップ型電子部品を設計した。ε と μ が同時に負となる周波数が存在する事が測定で確認できた。

今後、誘電率と透磁率が負となる帯域の調整を行い、商品への応用について検討を進める。

参考文献

- [1] N. Engheta, R. W. Ziolkowski, "Metamaterials physics and engineering explorations", WILEY-INTERSCIENCE
- [2] 石原 他, "メタマテリアル -最新技術と応用-", シーエムシー出版
- [3] 東條 他, "積層セラミックコンデンサによるメタマテリアルの可能性" 信学会 総合大会, 2008
- [4] 東條 他, "チップコイルによるメタマテリアルの可能性" 信学会 ソサイエティ大会, 2008
- [5] 東條 他, "電子部品を用いたメタマテリアルの可能性", 電気関係学会関西支部連合大会, 2008