

■キーワード

メタマテリアル 負屈折率媒質 マイクロ波・ミリ波 アンテナ 偏波制御

■研究の概要

メタマテリアルは、材料固有の特性だけでは実現困難である特異な電磁波伝搬を、波長に比べて小さなスケールの素子からなる人工構造体の構造設計により実現する設計技術です。実効屈折率が0の構造体を伝送線路共振器に用いると、共振周波数が共振器のサイズに依らない0次共振器を構成できることは、これまでも良く知られていましたが、両端短絡（電気壁）の場合と、両端開放（磁気壁）の場合の2つのケースしか検討されていませんでした。私たちのグループでは、この2つのケースも含めて、複素共役な関係のリアクティブ素子対が両端に挿入された、より一般的な共振条件を見出しました。リアクティブ素子の値は任意に選ぶことができ、さらに連続的に変化させることで、2つの異なる共振状態を共存させ、しかも各共振部分に蓄えられるエネルギーの割合を自由に操作できることもわかりました。さらに私たちは、この0次共振器をアンテナに応用することにより、両端条件を操作するだけで、放射波の主偏波を所望の方向に回転制御できる指向性アンテナを提案しています。

■研究・技術のプロセス／研究事例

1) 右手／左手系複合伝送線路と0次共振器の両端条件

代表的なメタマテリアルの概念として、右手／左手系複合（CRLH）線路があります。CRLH線路は構成要素の最小単位である「単位セル」の集合体からなり、単位セルは直列共振回路からなる直列枝と、並列共振回路からなるシャント枝で構成されています。直列枝の直列共振はCRLH線路が両端短絡した場合に支配的となり、一方でシャント枝の並列共振はCRLH線路の両端が開放の場合に支配的となります。これに対して私たちは、複素共役な関係のリアクティブ素子対がCRLH線路の両端に挿入された、より一般的な共振条件を提案しました。また、このリアクティブ素子の値を変えることにより、各枝に蓄えられるエネルギーの重み付けが変えられることも示しました。

2) 主偏波回転制御可能なアンテナへの応用

放射波の主偏波方向は、アンテナ上に流れる電流分布によって決まります。CRLH線路の直列枝を構成する中央のマイクロストリップ線路と、シャント枝誘導性スタブを構成する終端短絡マイクロストリップ線路とを互いに直交させることにより、それぞれの部分から放射する電磁波の偏波方向を直交させることができます。直列枝とシャント枝に流れる電流の重み付けを同相で連続的に変えることができれば、主偏波方向を連続的に回転させることができます。本技術では、0次共振器を構成するCRLH線路部分に手を加えることなく、単に両端反射素子のリアクタンス値を変えるだけで、主偏波回転制御可能な指向性アンテナを実現しています。

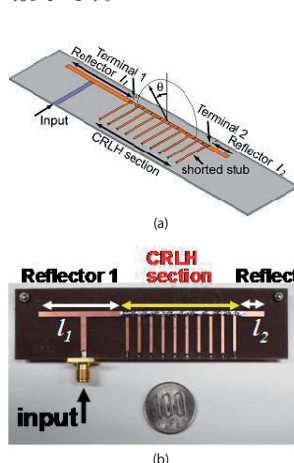


図2 0次共振器の構造
(a) 概略図 (b) 写真

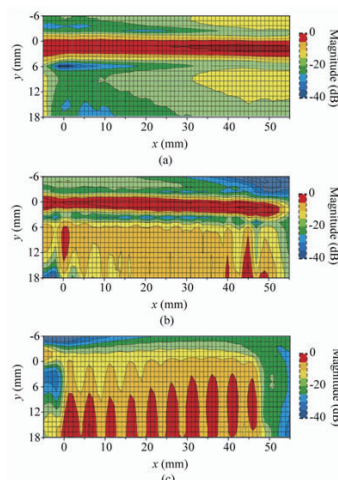


図3 0次共振器上の磁界分布
(a) 両端短絡 (b) $X_L = 50$ (c) 両端開放

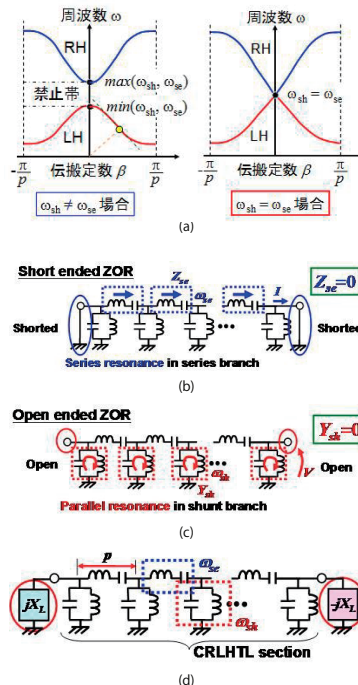


図1 CRLH線路と0次共振器
(a) CRLH線路の分散曲線 (b) 両端短絡0次共振器
(c) 両端開放0次共振器 (d) 一般化された0次共振器の両端条件

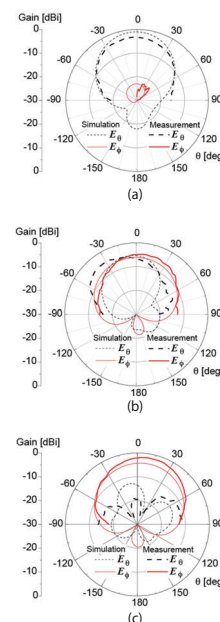


図4 0次共振器アンテナからの放射パターン
(a) 両端短絡 (b) $X_L = 50$ (c) 両端開放

0次共振器の両端条件と偏波制御アンテナへの応用

メタマテリアルの応用技術

■セールスポイント

従来の0次共振器では、両端条件として2つの場合しか検討されていませんでした。本技術では、両端条件をより一般化し、自由度を高めることができました。その結果、両端を操作するだけで連続的に偏波回転制御可能な指向性アンテナが構成できます。

