

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-07-02

平行四辺形セルから成るメタヘリカルアンテナの実現化

門馬, 康太郎 / MONMA, Kotaro

(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

(巻 / Volume)

56

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2015-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00011162>

平行四辺形 CRLH ユニットセル

A PARALLELOGRAM-FORMED RIGHT- AND LEFT-HANDED UNIT CELL

門馬 康太郎
 Kotaro MONMA
 指導教員 中野久松

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

This paper presents a parallelogram-formed right- and left-handed unit cell (CRLH-UC). Effects of the pitch angle on the phase constant and Bloch-impedance are revealed. Based on the results the parallelogram-formed CRLH-UC is redesigned.

Key Words: CRLH-UC, metamaterial, left hand, parallelogram-formed

1. まえがき

メタマテリアルコンセプトに基づくアンテナの研究が報告されている[1][2]. これらのアンテナは左手系特性を有している. 従来, 左手系のアンテナアームユニットは長方形となっていた. 本稿では, アームユニットを長方形から平行四辺形に変形した場合について考察している.

2. 構造

平行四辺形 CRLH-TL の構造を図 1 示す. その構造値を表 1 に示す. CRLH-TL は多数のユニットセル (CRLH-UC) により構成されている. これらは誘電体基板上に印刷されている. 誘電体の比誘電率を ϵ_r , 厚さを B とする. CRLH-UC の全長を p , ストリップ幅を w , ピッチ角を α とする. 両端から $p_0/2$ の位置にギャップがあり, ギャップの間に直列キャパシタンス C_z が装荷されている. CRLH-UC の中心部には via があり, 地板と via の間に並列インダクタンス L_y が装荷されている.

表 1. 構造値

Symbol	Value
w	4.4 mm
B	1.6 mm
ϵ_r	2.6
p_0	4.5 mm
Δg	0.5 mm
p	10 mm
r_{via}	0.5 mm
h_{via}	1.0 mm

3. ピッチ角変化

ピッチ角 α を変化させたときの位相定数 β の推移を図 2 に, ブロッドホインピーダンス Z_B の推移を図 3 に示す. ただし, アームを構成するユニットの数を 5 に固定している. L_y および C_z は従来構造の値, すなわちピッチ角 $\alpha = 0^\circ$ のときの値を使用している. 図 2 の縦軸は自由空間の位相定数 k_0 で正規化した伝送線路の位相定数 β を示している. 図 2 より, ピッチ角 α の変化によって共振周波数が 3 GHz からわずかに動いていることがわかる. 図 3 では, インピーダンスが安定せず, ギャップが生じている.

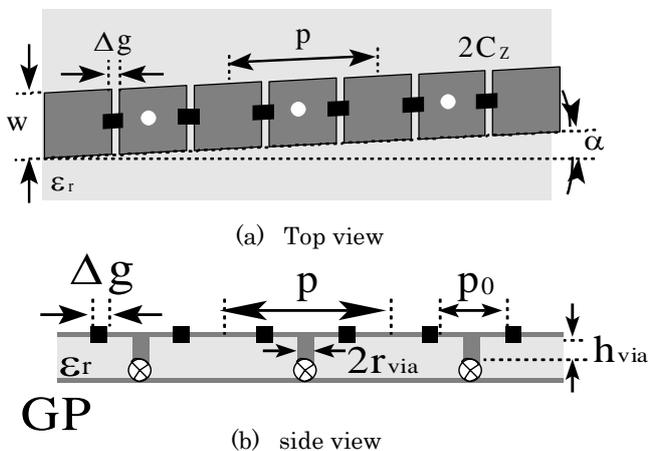


図 1. CRLH-TL

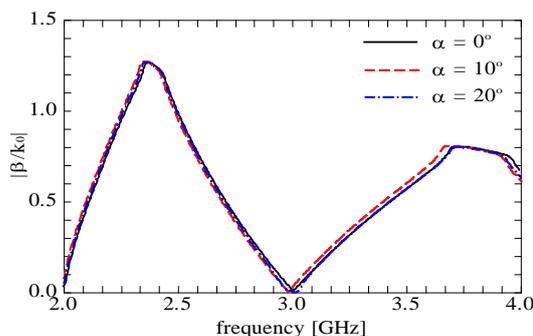


図 2. 位相定数 β の推移

これらの原因はストリップの形状の変化に伴う右手系の成分 C_Y, L_Z の変化であると考えられる。よって、ピッチ角ごとにユニットセルを設計し直す必要がある。

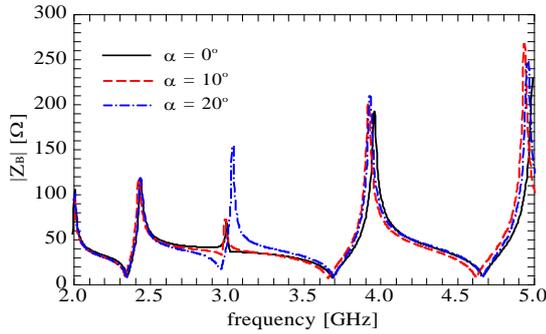


図 3. ブロッチインピーダンス Z_B の推移

4. 平行四辺形アームの設計

文献 [3] の設計手法を用いてユニットセルを設計する。ただし、右手系成分 C_Y, L_Z および左手系成分 C_Z, L_Y の初期値はピッチ角 α の値に関わらず $\alpha = 0^\circ$ のときの値を使用する。今回は例として、ピッチ角 $\alpha = 20^\circ$ のユニットセルの設計を行う。

C_Z, L_Y の補正を繰り返し行い最終的な C_Z, L_Y の値を決定する。その過程における C_Y, L_Z, C_Z, L_Y の推移を表 2 に示す。そのときの位相定数 β の変化を図 4 に示す。文献 [3] における補正回数 3 回目で共振周波数が 3 GHz になる。図 5 にブロッチインピーダンス Z_B の変化を示す。3 GHz 付近のインピーダンスは安定しており、約 80Ω となる。

以上の結果より、従来の設計手法 [3] が使用できることがわかる。

表 2. 素子値の推移 ($\alpha = 20^\circ$)

Symbol	1 回目	2 回目	3 回目
C_Z [pF]	2.27	1.18	1.13
L_Y [nH]	2.89	2.26	2.23
f_{se} [GHz]	2.70	2.98	≈ 3.00
f_{sh} [GHz]	2.20	2.94	≈ 3.00
C_Y [pF]	1.53	2.42	2.49
L_Z [pF]	1.81	1.30	1.26

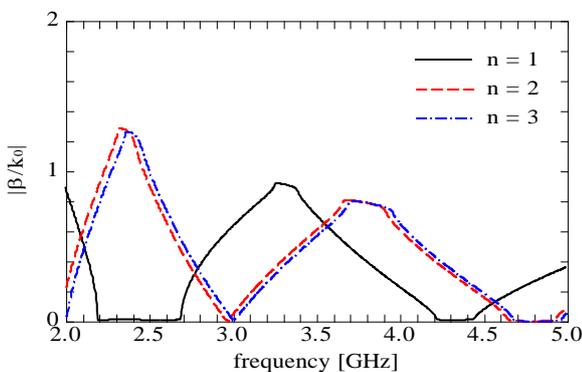


図 4. 位相定数 β の推移

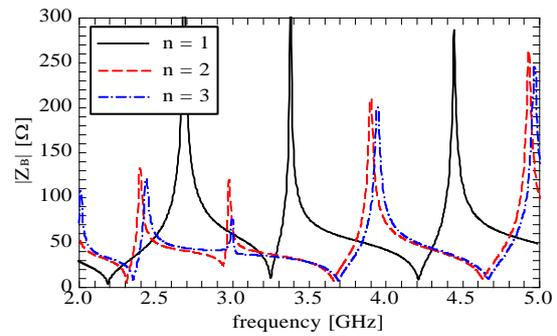


図 5. ブロッチインピーダンス Z_B の推移

5. ピッチ角変化による右手系成分, 左手系成分の変化

ピッチ角ごとにユニットセルを設計し結果を表 3 に示す。このとき、表 2 を求めた手法を採用している。ピッチ角を変化させると、右手系成分 C_Y, L_Z 、左手系成分 C_Z, L_Y は変化する。

表 3. 素子値のピッチ角による変化

α [$^\circ$]	0	5	10	15	20	25	30
C_Z [pF]	1.17	1.15	1.13	1.14	1.13	1.11	1.11
L_Y [nH]	2.15	2.12	2.14	2.18	2.23	2.28	2.36
C_Y [pF]	1.31	1.33	1.32	1.29	1.26	1.23	1.19
L_Z [nH]	2.41	2.45	2.49	2.47	2.49	2.54	2.54

6. まとめ

長方形 CRLH-UC を変形し、新たに平行四辺形 CRLH-UC を提案した。ピッチ角 α を変化させた場合、右手系成分 C_Y, L_Z の変化に伴い左手系成分 C_Z, L_Y の値も変化する。平行四辺形 CRLH-UC の設計には、従来の設計手法 [3] を用いることができる。

参考文献

- [1] 鎌田, 道下, 山田, “梯子型右手/左手系複合伝送線路による UHF 帯漏れ波アンテナ”, 電子情報通信学会総合大会, B-1-166, 愛媛, 2009 年 3 月.
- [2] 門馬, 田中, 山内, 中野, “平行四辺形セルから成るメタヘリカルアンテナ,” 電子情報通信学会ソサイエティ大会, BCS-1-15, 徳島, 2014 年 9 月
- [3] 三宅, 中野, “右左手系複合伝送線路,” 法政大学大学院工学研究科紀要, vol. 54, 2013 年 3 月.