

EBG反射板の反射位相について

武部, 良 / TAKEBE, Ryo

(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/10.15002/00011141>

EBG 反射板の反射位相について

REFLECTION PHASE OF AN EBG REFLECTOR

武部 良

Ryo TAKEBE

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

The surface impedance and reflection characteristics of an electromagnetic band-gap were presented by Luukkonen in 2009. This paper discusses the reliability of Luukkonen's expression. Results by electromagnetic wave analysis are compared with those based on Luukkonen's expression.

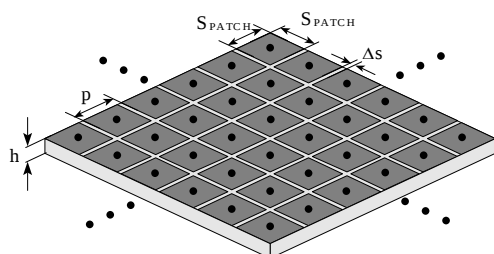
Key Words : Electromagnetic Band-gap, EBG Reflector, Reflection Phase, Surface Impedance

1. まえがき

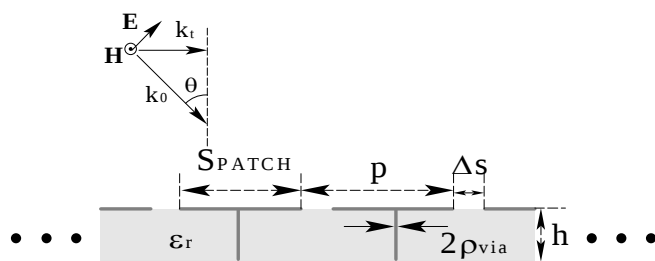
EBG 反射板の表面インピーダンス及び反射特性が Olli Luukkonen らにより導出されている[1]. 本稿では、この導出式を、数値解析により検証し、本式の使用可能限界を示す。

2. EBG モデル

図 1 に EBG 反射板の構造を示す。マッシュルーム素子が無限に配列されている。



(a) Perspective view



(b) Side view

図 1 構造

3. Luukkonen によるインピーダンス導出の要約

Luukkonen により導出された表面インピーダンスを以下に示す。

$$Z_{\text{imp}}^{\text{TM}} = \frac{j\omega\mu_0 \frac{\tan(\beta h)}{\beta} \left(1 - \frac{\sin^2(\theta)}{\epsilon_n}\right)}{1 - k_0 \alpha (\epsilon_r + 1) \frac{\tan(\beta h)}{\beta} \left(1 - \frac{\sin^2(\theta)}{\epsilon_n}\right)} \quad (1)$$

ここで θ は入射角, β は誘電体内での波数ベクトル, ϵ_n は実行誘電率の垂直成分, α はグリッドパラメータを示している. β , ϵ_n , α は以下の式で与えられる.

$$\beta^2 = k_0^2 \epsilon_r \mu_r - k_t^2 \frac{\epsilon_r}{\epsilon_n} \quad (2)$$

$$\epsilon_n = \epsilon_r \left(1 - \frac{k_p^2}{k_0^2 \epsilon_r}\right) \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{k_0 p}{\pi} \ln \left(\frac{1}{\sin\left(\frac{\pi \Delta s}{2p}\right)} \right) \quad (4)$$

また, k_p はプラズマ周波数を示しており, 次の式で求められる.

$$k_p = \frac{1}{p \sqrt{\frac{1}{2\pi} \ln \frac{p^2}{4\rho_{\text{via}}(p - \rho_{\text{via}})}}} \quad (5)$$

$\theta = 0^\circ$ の場合のみについて考えると, 式(1)は

$$Z_{\text{imp}}^{\text{TM}} = \frac{j\omega\mu_0 \frac{\tan(\beta h)}{\beta}}{1 - k_0 \alpha (\epsilon_r + 1) \frac{\tan(\beta h)}{\beta}} \quad (6)$$

と表せる。この時、式(3)(5)は使用していない。なぜなら $\theta = 0^\circ$ の場合常に以下の式が成り立つためである。

$$1 - \frac{\sin^2(\theta)}{\varepsilon_n} = 1 \quad (7)$$

4. 反射位相の算出

電磁波の斜め入射において反射係数は以下の式で求められる。

$$\Gamma = \frac{Z_{\text{inp}}^{\text{TM}} - Z_0 \cos \theta}{Z_{\text{inp}}^{\text{TM}} + Z_0 \cos \theta} \quad (8)$$

ただし、ここで Z_0 は自由空間中の特性インピーダンスを示している。 $\theta = 0^\circ$ の場合を考えると、式(8)は

$$\Gamma = \frac{Z_{\text{inp}}^{\text{TM}} - Z_0}{Z_{\text{inp}}^{\text{TM}} + Z_0} \quad (9)$$

となる。従って反射位相は

$$\Gamma_{\text{phase}} = \tan^{-1} \frac{\Gamma_{\text{Im}}}{\Gamma_{\text{Re}}} \quad (10)$$

で求められる。

5. 結果

表 1 は検討のための構造パラメータ[2]を示す。各値のパラメータの影響を見るために、表 2、表 3 ではそれぞれ S_{PATCH} 、 Δs を変化させている。

表 1 構造パラメータ A (池田による設計[2])

symbol	value	symbol	value
ε_r	2.2	p	11.0 mm
h	2.0 mm	S_{PATCH}	10.0 mm
ρ_{via}	0.1 mm	Δs	1.0 mm

表 2 構造パラメータ B (S_{PATCH} を変化)

symbol	value	symbol	value
ε_r	2.2	p	12.5 mm
h	2.0 mm	S_{PATCH}	11.5 mm
ρ_{via}	0.1 mm	Δs	1.0 mm

表 3 構造パラメータ C (Δs を変化)

symbol	value	symbol	value
ε_r	2.2	p	12.0 mm
h	2.0 mm	S_{PATCH}	10.0 mm
ρ_{via}	0.1 mm	Δs	2.0 mm

図 2~4 に反射位相を示す。赤の実線が CST Microwave studio による数値解析結果、青の破線が式(6)により求め

られる結果を示している。

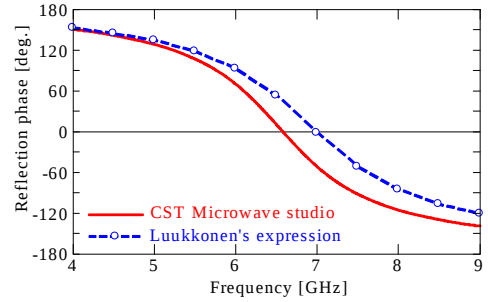


図 2 構造 A の反射位相

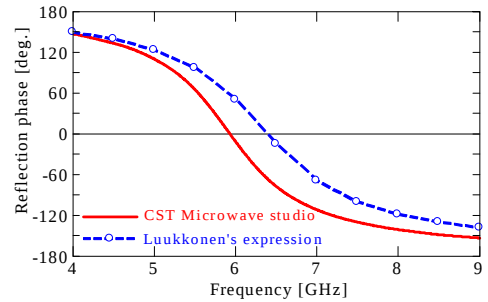


図 3 構造 B の反射位相

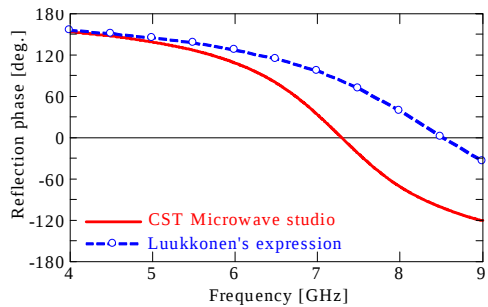


図 4 構造 C の反射位相

PMC 特性が得られた周波数について考察する。構造 A では数値解析結果と式(6)における結果に 0.4 GHz の差が出ている。構造 B では 0.4 GHz の差が出ている。構造 C では 0.7 GHz の差が出ている。従って式(6)の適用については取り扱いに注意を要する。

6. まとめ

本式の結果と数値解析の結果では 0.4~0.7 GHz の差が出る。よって本式の適用については注意を要する。

参考文献

- [1] Olli. Luukkonen, Filippo Costa, Constantin R.Simovski, Agostino Monorchio, Sergei A.Tretyakov, “Increasing the absorption band of thin electromagnetic absorbers by using plasma resonance of wire medium”, APSURSI, Charleston, July 2009.
- [2] 池田正和, “低姿勢ヘリカルとスパイラルアンテナ,” 法政大学大学院工学研究科修士論文, 2003 年 3 月。