

CS-1-4

レベルセット法を用いたH面導波管T分岐回路の最適設計

Optimization Design of H-Plane T-Junction by Level Set Method

坂本駿介†
Syunsuke Sakamoto
山崎慎太郎‡
Shintaro Yamasaki

平山浩一†
Koichi Hirayama
西脇眞二‡
Shinji Nishiwaki

辻寧英†
Yasuhide Tsuji
吉村允孝‡
Masataka Yoshimura

† 北見工業大学
Kitami Institute of Technology

‡ 京都大学
Kyoto University

1 まえがき

レベルセット法はおもに構造分野や画像処理分野で適用されている[1],[2]が、フォトニック結晶におけるバンドギャップの最大化[3]、逆散乱問題[4]にも適用されている。著者らはレベルセット法を導波路伝達問題に適用することを考え、ここではH面導波管T分岐回路の最適設計を行っている。

2 有限要素法を用いたレベルセット法最適化

有限要素法を用いたレベルセット法最適化では、背景が空気であるとき設計領域内の比誘電率を $\varepsilon_r(w) = H(w) + \varepsilon_{rd}(1 - H(w))$ と表す。ここに、 ε_{rd} は誘電体の比誘電率、 $H(w)$ はヘビサイド関数を表す。 $w = w(\mathbf{r})$ は符号付き距離関数であり、 $\mathbf{r}$ は位置ベクトルである。このとき、仮想的な時間 t を導入して次式に示す偏微分方程式を解くことにより最適解を得る。

$$\frac{\partial w(\mathbf{r})}{\partial t} + V(\mathbf{r}) = 0 \quad (1)$$

レベルセット法において、 $V(\mathbf{r})$ は最適化問題の定式化に基づいて得られる、誘電体の変動を決定する外形形状感度である。

3 計算結果

図1(a)に示すようなH面導波管T分岐回路を考える。ここに導波管の幅は $a = 22.9 \text{ mm}$ とし、境界 Γ_1 から振幅1の TE_{10} モードが入射する。設計領域を図1(a)のように設定し、比誘電率 $\varepsilon_r = 2$ の誘電体を最適に配置することで、9, 10, 11 GHzにおいて、反射電力が小さく、導波管2と3への透過電力比が2:1になるようにレベルセット法による最適化を行う。したがってこの場合の最適化問題は次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{Minimize } C = \sum_{f_m} [|S_{11}|^2 + (|S_{21}| - \sqrt{2}|S_{31}|)^2] \\ \text{at } f_m = 9, 10, 11 \text{ GHz} \end{aligned} \quad (2)$$

10個の円形誘電体からなる初期構造に対して、レベルセット法最適化を100回繰り返して行ったときの最適化構造を図1(b)に、透過電力の変化を図2に、最適化後のH面導波管T分岐回路での誘電体形状を図3に示す。9~11 GHzの全ての周波数で導波管2と3への透過電力比はほぼ2:1になっており、反射電力は-25dB以下になっている。

4 むすび

H面導波管T分岐回路に対するレベルセット法の適用性を検討することを目的として、H面導波管T分岐回

路の構造最適化を行った。結果として、複雑な形状を有する誘電体を配置したT分岐の最適化構造が得られた。

参考文献

- [1] S. Osher and R. Fedkiw, Level Set Methods and Dynamic Implicit Surfaces, Springer, New York, 2003.
- [2] 山崎, 西脇, 泉井, 吉村, 日本機械学会論文集中編, vol.73, pp.72-79, Jan. 2007.
- [3] C.Y. Kao, S. Osher, and E. Yablonovitch, Appl. Phys. B, vol.81, pp.235-244, July 2005.
- [4] A. Litman and K. Belkebir, J. Opt. Soc. Am. A, vol.23, pp.2737-2746, Nov. 2006.

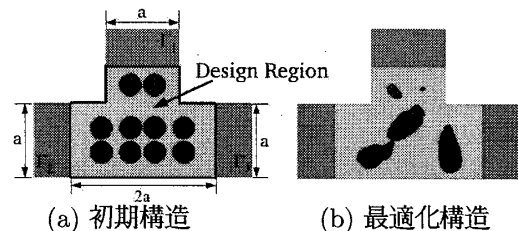


図1 H面導波管T分岐回路の初期構造と最適化構造

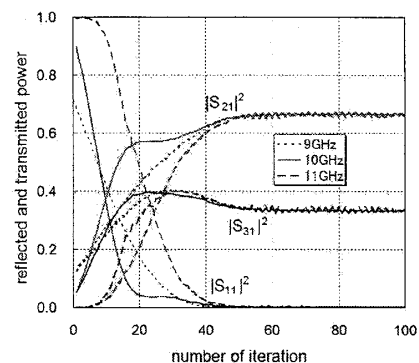


図2 H面導波管T分岐回路の最適化回数と透過電力の変化

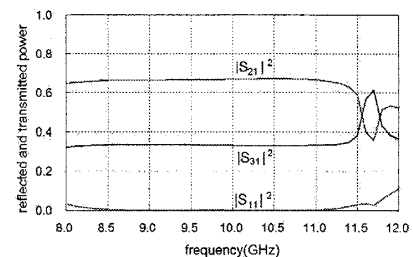


図3 H面導波管T分岐回路の最適化構造に対する周波数特性