

30GHz 高温超電導 CPW 形λ/4 共振器帯域通過フィルタの設計

Design of a 30GHz HTS bandpass filter using quarter-wavelength coplanar waveguide resonators

清水隆志
Takashi Shimizu

馬哲旺
Zhewang Ma

小林禎夫
Yoshio Kobayashi

埼玉大学工学部電気電子システム工学科
Dept. of Electrical and Electronic Systems, Saitama University

1. はじめに

既に設計されている 30GHz 帯コプレーナ形(CPW)λ/4 共振器 4 段帯域通過フィルタ(BPF) [1] を YBCO 薄膜上に製作し、50K で測定を行ったところ、その結果は計算結果と一致しなかった。そこで、回路シミュレータ ADS を使用して、不具合箇所を検討した結果、入出力部に用いたインターデジタルギャップ構造部が設計値と異なっており、必要な製作精度が得られていないことがわかった。そこで、線路幅を通常の線路幅より広くした T 形開放ギャップを用いて、カイネティックインダクタンスを考慮した 30GHz 高温超電導 CPW 形λ/4 共振器 4 段 BPF を設計したので報告する。さらに、同 8 段 BPF の設計も行ったので報告する。

2. 設計方法

中心周波数 $f_0=30.5\text{GHz}$ 、リップル幅 $\text{RW}=0.01\text{dB}$ 、比帯域幅 $\Delta f/f_0=1.5\%$ のチェビシェフ特性 4 段 BPF の設計を行う。図 1 に CPW 形λ/4 共振器 4 段 BPF の構造図を示す。各共振器間の結合は、 J, K -インバータによって表され、電磁界シミュレータ SONNET em と次式により、各インバータ値を計算する [2]。

$$\frac{J_{i,i+1}}{Y_0} = \left| \tan \left\{ \frac{\phi}{2} + \tan^{-1} \left(\frac{B_a}{Y_0} \right) \right\} \right|, \quad \phi_i = -\tan^{-1} \left(\frac{2B_b + B_a}{Y_0} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B_a}{Y_0} \right) \quad (1)$$

$$\frac{K_{i,i+1}}{Z_0} = \left| \tan \left\{ \frac{\phi}{2} + \tan^{-1} \left(\frac{X_a}{Z_0} \right) \right\} \right|, \quad \phi_i = -\tan^{-1} \left(\frac{2X_b + X_a}{Z_0} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{X_a}{Z_0} \right) \quad (2)$$

また、共振器長 l_i は、次式より求める。

$$l_i = \left(\lambda_0 / 2\pi \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}} \right) \theta_i, \quad \theta_i = \pi/2 + (\phi_i + \phi_{i+1})/2 \quad (3)$$

3. カイネティックインダクタンス L_k の考慮

図 2(a)-(c) に 30.5GHz における各ギャップおよびスタブのインバータ値の計算結果を示す。図中、実線が L_k を考慮した結果、波線が考慮していない結果である。ただし、ロンドン侵入長を 200nm として、 L_k を求めた。これより、 $g_1=0.047\text{mm}$ 、 $g_2=0.073\text{mm}$ 、 $s=0.040\text{mm}$ を得る。また、式(3)より、 $l_1=l_4=0.691\text{mm}$ 、 $l_2=l_3=1.020\text{mm}$ を得る。この値をもとに em により計算した結果を図 2(d) に示す。これより、 L_k を考慮すると、 f_0 が 0.5GHz 程度減少することがわかった。以上の値をもとに、ADS および em を用いて、フィルタ各部の微調整を行い、最終構造を決定した。その周波数特性を図 3(a) に示す。同様にして、同じ仕様の 8 段 BPF の設計を行った。その結果を図 3(b) に示す。

4. まとめ

4 段 BPF $f_0=30.49\text{GHz}$ 、 $\Delta f/f_0=1.48\%$ 、8 段 BPF $f_0=30.54\text{GHz}$ 、 $\Delta f/f_0=1.47\%$ となり、設計仕様を満足した。なお、本研究の一部は、文部科学省の平成 14 年度科学研究費補助金(課題番号 14550318)によって行われた。

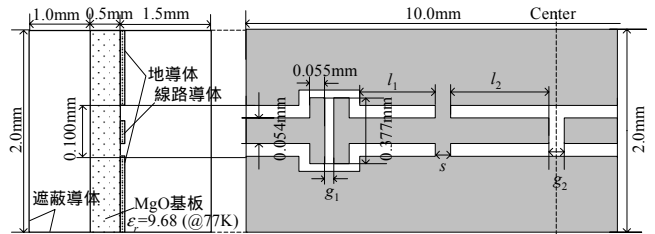


図 1 30GHz 帯 CPW 形λ/4 共振器 4 段 BPF の構造図

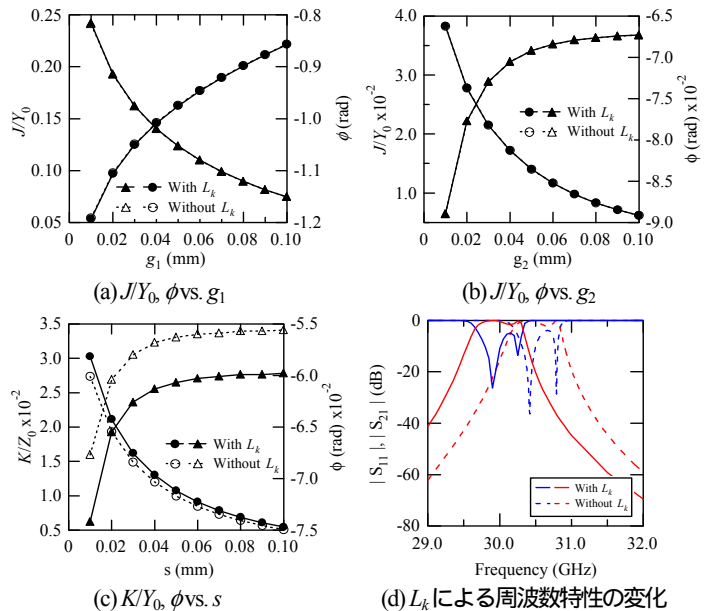


図 2 各インバータの計算結果および周波数特性

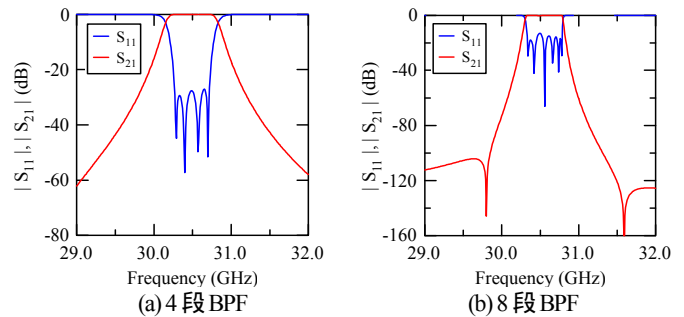


図 3 4 段 8 段 BPF の周波数特性

<参考文献>

- [1] 鈴木, 馬, 小林, 2000 年電子情報通信学会ソサエティ大会, C-2-51, pp.78, Sep. 2000.
- [2] H. Suzuki, Z. Ma, Y. Kobayashi, K. Satoh, S. Narahashi and T. Nojima, IEICE Trans. Elec., Vol. E 85-C, No. 3, pp.714-719, Mar. 2002.