

超伝導バルク共振器を用いた 100 W クラス送信用フィルタの開発

Development of a 100 W-class transmitting filter using superconducting bulk resonators

鶴井 椋太¹、齊藤 敦¹、加藤 知己¹、齋藤 大暉¹、手嶋 英一²、大嶋 重利¹

(1. 山形大理工、2. 新日鐵住金)

°R. Tsurui¹, A. Saito¹, T. Kato¹, T. Saito¹, H. Teshima², S. Ohshima¹

(1. Yamagata Univ., 2. Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.)

E-mail: tyx14972@st.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

超伝導フィルタは通過帯域内での低損失性と遮断領域での急峻なスカー特性を同時に実現できる。この理由は、マイクロ波領域での超伝導体の損失が通常の金属に比べて数桁低いためである。これらの利点に着目し超伝導フィルタはこれまでに多くの研究が成されており、受信フィルタは中国や米国で既に実用に至っている。一方、送信用フィルタについては許容電力の改善が課題となっており、未だ実用化されていない。従って、実用化に向けた高耐電力特性を有するフィルタ構造が必要である。そこで我々は超伝導薄膜に比べて電流集中が緩和でき、耐電力特性が優れている超伝導バルクを用いたフィルタの設計、作製及び評価を行ってきた[1]。3段ディスク型共振器を用いたフィルタは 2.4 dB/5MHz のスカー特性と 41.7 W の耐電力特性が得られている[2]。また、一般的な超伝導薄膜フィルタでは共振器の多段化とともに耐電力特性が低下することが報告されているが[3]、これまでの超伝導バルクを用いたフィルタの研究では共振器の多段化と耐電力特性の関係が明らかとなっていない。今回、5段ディスク型共振器フィルタの設計及び作製を行い、3段フィルタとの周波数特性と耐電力特性の比較を行ったので報告する。

2. フィルタ解析

3次元電磁界シミュレータである MW-Studio を用いて 5 段フィルタの周波数特性および電流分布のシミュレーションを行った。中心周波数 4.96 GHz、帯域幅 99.6 MHz、スカー特性 4.6 dB/5MHz となった。また、5 段フィルタの最大電流密度は 279 A/m であった。3 段フィルタの最大電流密度は 338 A/m と報告されている[2]。したがって、超伝導バルク共振器を用いたフィルタにおける最大電流密度と耐電力特性は、一般的な薄膜型フィルタの多段化による耐電力特性の関係とは異なることが予測できる。

3. フィルタ評価

設計したフィルタを作製し、周波数特性及び耐電力特性を測定した。図 1 に 5 段フィルタの外観図を示す。図 2 は 5 段フィルタの周波数特性を示しており、明確なフィルタ特性が得られている。スカー特性は 4.98 dB/5MHz となり、3 段フィルタの 2.40 dB/5MHz より 2.58 dB/5MHz 向上した。また、図 3 に 5 段フィルタの耐電力特性を示す。5 段フィルタの耐電力特性は 3 段フィルタより約 2.54 倍高い値となり、実用可能とされる瞬間 100 W 以上の耐電力特性が得られた。以上の結果から、多段化によるスカー特性及び耐電力特性の向上を実験的に明らかにすることができた。



図 1 5 段超伝導バルク共振器フィルタの外観図

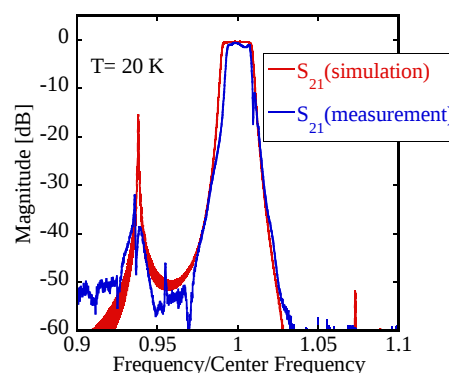


図 2 5 段超伝導バルク共振器フィルタの周波数特性

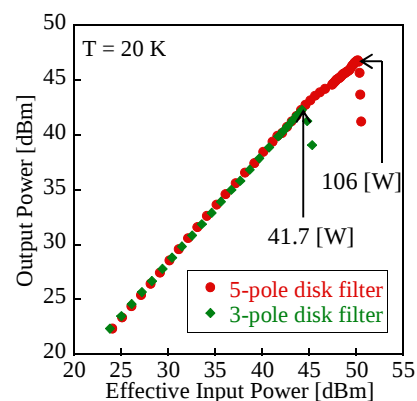


図 3 5 段超伝導バルク共振器フィルタの耐電力特性

4. 参考文献

- [1] A. Saito, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., vol. 19, no. 3, 899-902 (2009).
- [2] T. Kato, et al., IEEE Trans. Appl. Supercond., Accepted (2015).
- [3] R. R. Mansour, et al., IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol. 44, no. 7, 1322 (1996).

5. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 22560317、24560393、マツダ財団、加藤科学振興財団、旭硝子財団の助成により遂行されています。また、本研究の一部は山形大学クリーンルームにて実地されました。