

SQIF の作製と異物検査への応用に関する研究

Fabrication of HTS-SQIF and Application for Food Contaminant Detection

豊橋技科大, °古久保 樹, 林 幹二, 大谷 剛義, 有吉 誠一郎, 田中 三郎

Toyohashi Univ. of Technol., °I. Furukubo, K. Hayashi, T. Ohtani, S. Ariyoshi, S. Tanaka

E-mail: tanakas@tut.jp

1. はじめに

本研究室ではHTS-SQUIDを用いた金属異物検査装置について研究している。帯磁させた金属異物の残留磁化をSQUIDで測定することで、食品等に混入した微小磁性金属異物を従来の検査装置と比べて高感度で検出できる。我々は検出感度が向上することを期待して、SQUIDより高い出力電圧が得られる直列SQIF(超伝導量子干渉フィルタ)の異物検査装置への応用を検討した。直列SQIFは大小さまざまなdc-SQUIDを直列に複数組み合わせた磁気センサであり、SQUIDの数に比例して出力電圧が増加する。出力電圧が増加することで電圧-磁場変換係数が向上し高い磁気感度を得られる。

本研究では、異物検査装置の検出感度向上を目的としてSQIFの作製および異物検査への応用を行った。

2. 実験方法

5つのSQUID(J.J.幅: 4 μm 、SQUIDスリット幅: 4 μm 、スリット長さ: 30、40、50、60、70 μm)が直列に配置されたSQIFを設計・作製した。大きな出力電圧を得るためには、直列に配置した各SQUIDの臨界電流 $2I_c$ を揃えることが重要である。SrTiO₃バイクリスタル基板(10 mm×10 mm)に成膜されたYBa₂Cu₃O_{7-y}薄膜(RFスパッタ成膜 or 外注)を用いて、フォトリソグラフィプロセスとArイオンミリングによってSQIFを加工した。

SQIFの特性評価は、磁気シールドルーム内で液体窒素温度(77 K)に冷却した状態で行った。素子の評価基準として $2I_c$ の相対標準偏差(標準偏差 / 平均)を計算した。 $2I_c$ の相対標準偏差が小さいほど $2I_c$ の揃った素子と言える。

特性評価後、最も $2I_c$ の揃ったSQIFを用いて異物の検出実験を行った。金属異物を0.47 Tの永久磁石で帯磁させた後、ベルトコンベアで20 m/minの速度でSQIFセンサ下を通過させて、

センサ出力を記録した。センサは磁気シールドボックスで覆い、センサと異物の距離は64 mmとした。金属異物には直径0.4、0.6、0.8、2.0 mmの4種類のSUJ-2球を用意した。

3. 実験結果

作製した4個のSQIFの $2I_c$ の相対標準偏差を図1に示す。#4のSQIFにおいて、 $2I_c$ の相対標準偏差が0.1と最も小さくなった。このSQIFの出力電圧は32.3 μV で、単一チャンネルのSQUID出力電圧と比べて3.1倍となった。

#4のSQIFを用いて異物検出実験を行った。SQIFで測定した各金属異物の信号対雑音比(SNR)からSNR=3を閾値として検出限界を求めた。SQIFの検出限界は直径0.6 mmとなった。

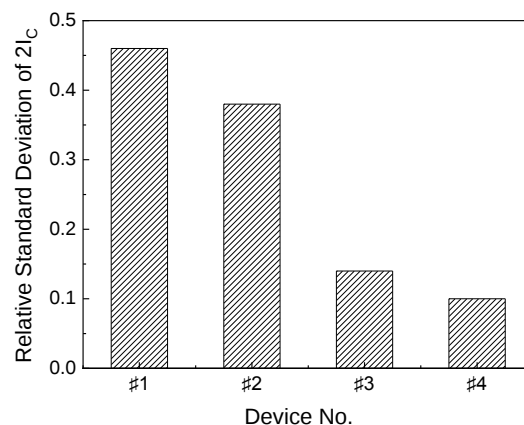


Fig.1 Relative Standard Deviation of $2I_c$ of each SQIF

4. まとめ

異物検査装置の検出感度向上を目的として、SQIFを作製して異物検査への応用を行った。 $2I_c$ の相対標準偏差が0.1で出力電圧が3.1倍となる素子を作製することができた。このSQIFを用いて異物検出実験を行った結果、直径0.6 mm以上の鋼球をSNR=3以上で検出することができた。今後はチャンネル数の増加や直並列SQIFの設計により検出感度を向上させようと考えている。