

磁気インピーダンス効果用 CoNbZr スパッタ薄膜の磁気特性

Magnetic Properties of CoNbZr Thin Films Fabricated by Sputtering Method for Magneto-impedance Effect

○望月航介¹, 平山慶明², 芦澤好人³, 中川活二³*Kosuke Mochizuki¹, Yoshiaki Hirayama², Yoshito Ashizawa³, Katsuji Nakagawa³

A superconducting quantum interference device SQUID, which is used as a high-sensitivity magnetic sensor, has an issue that the device is large and requires cooling using liquid He for its operation. We are, therefore, focusing on a magneto-impedance (MI) effect and aiming to realize an inexpensive MI sensor that can be used at room temperature. We investigated deposition conditions of CoNbZr films to improve the soft magnetic properties by examining the effect of inert Ar gas pressure and substrate cooling during the deposition. As a result, it was confirmed that coercive force of the CoNbZr films was decreased down to 0.8 kA/m by cooling the substrate and optimizing the Ar gas pressure.

背景

現在、高感度磁気センサとして用いられている超電導量子干渉素子 SQUID は装置が大規模で冷却に液体ヘリウムを使用しているためランニングコストがかかるという問題がある。そこで我々は、磁気インピーダンス (MI) 効果^[1]に注目し、安価で常温で使用可能な磁気インピーダンスセンサの実現を目指している。ここで MI 効果とは、表皮効果を生じさせる高周波電流を流すとき、そのインピーダンスが外部磁界によって変化する現象のことである。先行研究において、CoNbZr 磁性薄膜の成膜条件について、ターゲット-基板間距離や電力依存性について検討を行ってきたが、Figure 1 に示すように薄膜が結晶化していることにより、保磁力 H_c が 3.0 kA/m 以上を示すなど、十分な軟磁気特性が得られていない^[2]。そこで、成膜時の結晶化抑制として、成膜中に基板冷却を行い、かつ、スパッタに用いる Ar ガス圧が磁気特性に与える影響を調べることで軟磁気特性が向上する成膜条件について検討した。

実験方法

CoNbZr 薄膜は RF マグネトロンスパッタ法を用いて石英ガラス基板上に 200 nm 成膜した。到達真空度は 3×10^{-4} Pa 以下とし、ターゲット-基板(T-S)間距離はすべて 60 mm 一定とした。成膜パラメータとして、電力及び成膜時 Ar ガス圧 P_{Ar} を変化した。成膜中の基板の温度上昇を防ぐため、冷却水による基板の冷却を施した。

作製した薄膜の磁気特性は振動試料型磁力計(VSM)を用い、薄膜面内方向を測定した。

実験結果

事前に基板ホルダ裏面に冷却水を流すことにより、温度上昇を抑制できることを確認した。冷却水を流さない場合と比較して保磁力は約 1.7 kA/m 減少した。

そこで、基板ホルダを冷却した条件において、成膜ガス圧の依存性を検討した。Ar ガス圧 $P_{Ar} = 0.8$ Pa 及び 0.7 Pa で成膜した試料の磁気特性を Figure 2 に示す。投入電力は 50 W とした。 H_c は $P_{Ar} = 0.8$ Pa では 2.3 kA/m, 0.7 Pa においては 0.8 kA/m まで低減した。

これらの結果は、基板冷却及び成膜パラメータの最適化により結晶化が抑制できていることを示唆していると考えられる。

謝辞 本研究は、平成 31 年度理工学部プロジェクト研究助成金の支援を受けた。

参考文献

- [1] 村山芳隆ほか. 10^{-13} T 台の磁界検出分解能を有する高周波伝送線路型薄膜磁界センサ. 日本応用磁気学会誌. 2007, vol. 31, no.1, p.17-22.
- [2] 川島康太, 令和元年度日本大学理工学部電子工学科卒業論文 (2019).

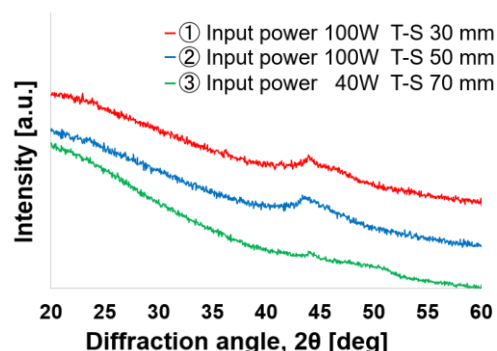


Figure 1. XRD profiles for CoNbZr films sputtered without water cooling^[2].

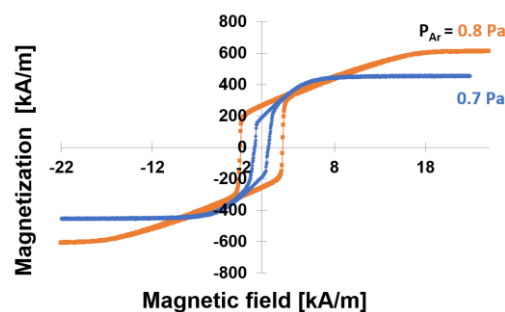


Figure 2. Magnetic hysteresis curves for CoNbZr films on quartz substrates with thickness of 200 nm sputtered at Ar atmosphere with 0.8 Pa and 0.7 Pa.

1: 日大理工・学部・電子, 2: 日大理工・院(前)・電子, 3: 日大理工・教員・電子