

NbN Spiral-MKIDs における検出感度の膜厚依存性

Dependence of sensitivity on film thickness in NbN Spiral-MKIDs

○岡 大輝¹、倉科 大輔¹、中島 健介¹、有吉 誠一郎²、大嶋 重利¹、山田 博信¹、齊藤 敦¹
(1.山形大学、2.豊橋技術科学大)

²Daiki Oka¹, Daisuke Kurashina¹, Kensuke Nakajima¹, Seiichiro Ariyoshi², Shigetoshi Ohshima¹,
Hironobu Yamada¹, Atsushi Saito¹ (1.Yamagata Univ., 2.Toyohashi Univ.)

E-mail: thd87797@st.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

我々は、4 K 冷凍機動作かつ広帯域特性をもつ NbN 製 Spiral-MKIDs (microwave kinetic inductance detectors) を提案し、 10^{-13} W/Hz^{1/2} オーダーの雑音等価電力 (NEP) を達成した^[1-3]。さらなる NEP の向上を達成するためには、MKIDs の無負荷 Q 値 Q_U と共振周波数のシフト量 Δf_c の NbN 薄膜の膜厚に対するトレードオフの関係を明らかにする必要がある。しかし、MKIDs の検出感度と超伝導薄膜の膜厚の関係を検討した報告はほとんどない。そこで本報告では、NbN 薄膜の膜厚が異なる MKIDs を作製し、検出感度を決定する主な要因となる光応答特性について評価したので報告する。

2. 実験方法と実験結果

NbN の膜厚が 2.3 nm ~ 17.8 nm である 25 素子アレイを作製し、GM 冷凍機を用いて約 3.7 K まで冷却した。ベクトルネットワークアナライザを用いて、-60 dBm の信号を MKIDs に入力し、その出力を低雑音増幅器 (1 ~ 12 GHz) を用いて約 35 dB 増幅した。 Δf_c と $\Delta S_{21}/\Delta P$ は、Hot (300 K) - Cold (77 K)法を用いて評価した。

図 1 に Q_U 及び Δf_c の NbN 膜厚依存性を示す。膜厚が 17.8 nm から 5.9 nm の間では、 Q_U は緩やかに減少した。また、膜厚が 5.9 nm 以下になると Q_U は急激に減少する傾向が見られた。 Δf_c は膜厚 2.3 nm の試料で最大となり、98 kHz となった。薄膜化に伴い、 Δf_c が向上する傾向が見られた。

図 2 に $\Delta S_{21}/\Delta P$ の NbN 膜厚依存性を示す。 $\Delta S_{21}/\Delta P$ は膜厚 3.5 nm の試料において 0.038 dB/nW となり、その膜厚が最も光応答特性が良いことがわかった。以上の結果より、光応答特性が最も良い膜厚を実験的に見出すことができた。また、9.9 nm 厚の試料を用いて NEP の評価を行い、 3.25×10^{-12} W/Hz^{1/2} (@ 3.7 K, 20 Hz) の NEP を観測した。3.5 nm の試料ではさらに低い NEP が達成できると思われるが、詳細な NEP の膜厚依存性については講演の際に報告する。

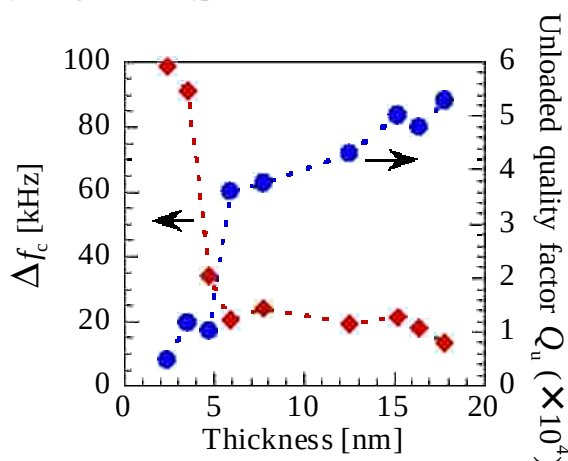


Fig. 1 Dependences of Q_U and Δf_c on thickness of NbN films.

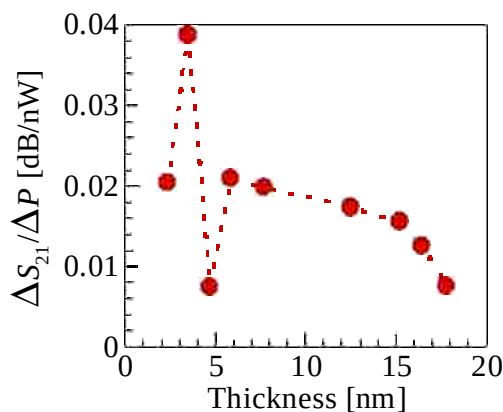


Fig. 2 Dependence of $\Delta S_{21}/\Delta P$ on thickness of NbN films.

3. 参考文献

- [1] P. K. Day, et al., Nature 425 (2003) 817.
- [2] S. Ariyoshi, et al., Appl. Phys. Express, 6(2013) 064103.
- [3] S. Ariyoshi, et al., Supercond. Sci. Technol. 29 (2016) 035012

4. 謝辞

本研究は、JST 先端計測分析技術・機器開発プログラム及び加藤科学振興会の支援により遂行されました。また、本研究の一部は山形大学クリーンルームにて実施されました。