

直流バイアス運動インダクタンス検出器アレイの 光照射実験とその評価

Light Irradiation Experiment and Evaluation of Array of Current-Biased Kinetic Inductance Detectors

名古屋大¹, 産総研², 大阪府大³,

○喜多 祐真¹, 上阪 岬¹, 伊藤 圭介¹, 日高 睦夫², 石田武和³, 藤巻 朗¹

Nagoya Univ.¹, AIST², Osaka Pref.Univ.³

○Yuma Kita¹, Misaki Kouzaka¹, Keisuke Ito¹, Mutsuo Hidaka², Takekazu Ishida³, Akira Fujimaki¹

E-mail: kita@super.nuqe.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

中性子は軽元素との相互作用が大きいため、イメージングシステムを構築すると、従来の X 線などでは困難であった軽元素の解析が可能となる。将来的に燃料電池の反応機構の解析[1]や有機物の構造解析など広い分野での応用が期待されている[2]。

分析には将来は 1 μm を切る空間分解能と十分な画素数が必要とされるほか、高いフレームレートでの動画の撮影も求められる。しかしながら現時点では、それらを満たす検出デバイスが存在しない。我々は従来から超伝導細線を用いた中性子検出と、単一磁束量子(SFQ)回路による読出し回路の研究を進めてきた。その検討の中で、上記の要求を満たすには、多検出器の駆動であってもバイアス電流ポートが僅かな数で済み、10 ビットの出力で済む、検出器と信号処理回路を一体化したモノリシックチップが不可欠と言う結論に達した。さらに、検出器としては発熱の少ない、直流バイアス運動インダクタンス検出器(CB-KID)を提案し、研究を進めている。

CB-KID による中性子の検出実験は、中性子源の制限から容易ではない。そこで、中性子の代わりに光を照射し、CB-KID の特性の解析を試みた。本稿では、その結果について報告する。

2. CB-KID と光照射の実験結果

CB-KID は、マイクロストリップ線の構造を持つ。今回は信号線には Nb/Mo の 2 層構造を用いた。いずれも膜厚は 50 nm である。また幅は 2 μm となっている。検出器は直列に接続され、1 本のバイアス電流 I_b で駆動される。検出器間には抵抗を含む低域通過フィルタが設置されており、光や中性子によって誘起される電圧パルスが他の検出器に影響を与えないように工夫している。また、Mo の使用は、検出器の Q 値を下げ、応答時間の高速化を図るために用いている。

バイアス電流 I_b を流した状態で検出器に光が当たると、光のエネルギーによって超伝導体内部のクーパ対が破壊され、運動インダクタンス L_k が増加する。この増加を反映し電圧パルスが発生する。

$$V = \frac{\partial L_k I_b}{\partial t} = I_b \frac{\partial L_k}{\partial t}$$

この電圧パルスを検出することで光を検出することが可能となる。

原理から考えて、光の照射時、またそれを切った時に電圧が発生する。したがって、光照射に On/Off 変調を加えれば、その変調周波数に同期した信号が検出器出力として計測可能となる。そこで CB-KID に On/Off 変調した光を照射し、ロックイン増幅器を用いて出力電圧を観測した。Fig.1 は 99kHz で実験を行った際の光強度依存性を示したものである。光強度がある一定以上であれば、信号が観測されている。また光強度の増加に伴い、信号も増加している。これらの結果は、CB-KID の原理に沿うものである。しかしながら、光照射によって抵抗が発生する、いわゆる単一光子検出器と同じ動作原理でも、この結果は説明可能である。今後、より詳細な検討を進めることで、CB-KID の振舞いを明らかにする計画である。

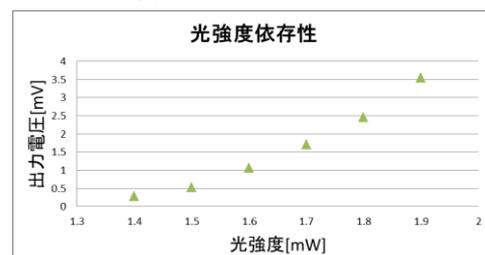


Fig.1 CB-KID の光強度依存性
謝辞

本研究の一部は科学研究費(基盤研究(S)No.23226019)の助成を受けたものである。

本研究に使用されたデバイスは、(独)産業技術総合研究所(AIST)の超伝導クリーンルーム CRAVITY において作製された。

参考文献

- [1]R. Satija, et al. J. Power Sources, **129**, pp. 238–245, 2004
- [2]松島卯月 RADIOISOTOPES, **56**, pp.553-565, 2007
- [3]伊藤圭介 他: 第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 16p-C10-5(2013)