

エラーフリー動作に向けた低エネルギー超伝導ナノワイア O/E 変換器の検討

Study on Low-Energy Superconducting Nanowire O/E Converter for Error-Free Operation

情通機構 ○梶野 顕明, 三木 茂人, 山下 太郎, 寺井 弘高

NICT ○Kemmei Kajino, Shigehito Miki, Taro Yamashita, Hirotaka Terai

E-mail: kajino@nict.go.jp

背景と目的

超伝導デジタル回路の冷凍機システムにおいて、高速・低熱流入・多入力可能な光インターフェイスは重要な開発課題である。我々はこれに対し、超伝導単一光子検出器(SSPD)技術を応用した低エネルギー光/電気(O/E)変換器の開発を進めている[1]。

実際の O/E 変換器の動作では、光オン・オフという 2 つの信号入力に対して十分低い誤り率(BER)が求められる。しかし一般的な光変調器による光入力信号は、オン/オフ状態のビット当たり光子数比が 100 倍(消光比 20 dB)程度である。通常の SSPD はその高い光子検出感度により、特に光オフ状態で誤って応答してしまう確率が下げられず、本質的な問題となっている。そこで今回は O/E 変換器に最適なナノワイアの光感度について検討し、従来 80-100 nm である SSPD の線幅またはバイアス電流を変化させ、エラーフリー動作に求められる光応答特性について調査した。

実験方法と結果

ナノワイアの応答に平均 n 個の光子が寄与する感度を持つとき、応答確率の光入力パワー依存性は概ね n 乗に比例する。したがって、光応答確率の遷移は n が大きいほど急峻になる。光オン/オフ消光比 20 dB の条件下、BER が 10^{-12} 以下を満たす n は 12 以上と計算の結果見積もられた。そこで、幅 150 - 600 nm、受光面積 $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ の NbN メアングダ構造を作製し、GM 冷凍機内 2.3 K において、波長 1550 nm、繰り返し周波数 1 MHz のパルス光入力に対する応答特性を調べた。図 1 は一例として、幅 300 nm の素子における応答確率のパルス当たり光子数依存性を、異なる

るバイアス電流で測定した結果である。傾きが n に対応する。各線幅の臨界電流 I_c で規格化したバイアス電流における n をプロットしたものが図 2 である。このように適切な線幅・バイアスにより $n \geq 12$ を実現できることが分かった。講演では、エラーフリー動作に必要な光エネルギーの比較などの観点から、同じ n を持つときの最適な素子構造についての報告を予定している。

謝辞

本研究は、JST 先進的低炭素化技術開発事業(ALCA)の支援により行われた。

[1] 第 61 回春季応用物理学会 19a-PG2-37、青山学院大学

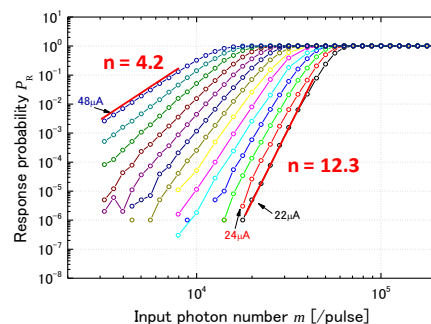


Fig. 1 Response probability as a function of photon number per pulse m for a 300 nm-wide nanowire at bias currents from 22 to 48 μA , by 2 μA step.

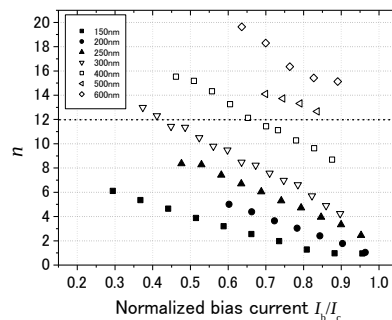


Fig. 2 Obtained n as a function of normalized bias current I_b/I_c for different nanowire widths.