

シリコンピクセル吸収体を有する超伝導トンネル接合アレイ検出器

Superconducting Tunnel Junction X-ray Detector with Silicon Pixel Absorber

産総研 志岐 成友、藤井 剛、浮辺 雅宏、小池 正記、大久保 雅隆

AIST Shigetomo Shiki, Go Fujii, Masahiro Ukibe, Masaki Koike, Masataka Ohkubo

E-mail: s-shiki@aist.go.jp

緒言：走査型電子顕微鏡を用いた元素イメージング、蛍光X線分析、蛍光収量X線吸収分光法などにおいて、高速・高感度・高エネルギー分解能のX線検出器が必要とされている。超伝導トンネル接合(STJ; superconducting tunnel junction)検出器は、優れたエネルギー分解能と高い光子計数率を有するため、前述の応用への適用が期待される。しかしながら、1 keV 以上の X 線に対して、検出感度が低いことと上下2つの電極からのダブルピークが生じるという問題があった。これらの課題を解決する検出器として、基板をX線吸収体とし、基板上に配置した多数の STJ により信号をとらえる、直列接続 STJ 検出器が知られている。これを用いると疑似ピークがなく高感度であるが、エネルギー分解能と計数率を高くすることは容易ではない。本研究では高速・高感度・高分解能を目指し、Si 基板吸収体に深溝加工を施してフォノンを閉じ込め、フォノン信号を単一の STJ を用いて検出する、新しいX線検出器を試作した。素子の製作と性能を報告する。

試作：厚さ 400 μm の Si 基板上に積層構造 Nb-Al/AlO_x/Al-Nb、素子サイズ 100 μm 角の STJ を製作し、Si 基板に碁盤の目状に深溝を形成した(図 1)。吸収体は 200 μm 角で溝の深さは 350 μm である。STJ の製作は産業技術総合研究所の CRAVITY にて、Si 基板の加工は NIMS 微細加工プラットフォームにて行った。

結果：試作した検出器を 0.3K に冷却し、電流電圧特性・X線検出特性を測定した。冷却による基板の変形により、断線と電流電圧特性の劣化が生じたものの、素子の 7 割がX線検出器として使用可能であった。電流パルス応答は立ち上がり時間が 0.5 μs 、立下り時間が 2.5 μs で、超伝導電極でX線を吸収する直接吸収の場合と同様に高速である。基板信号のパルス波高は直接吸収信号に比べて 20%程度で、X 線光子エネルギーの一部だけが STJ 中のクーパー対解離に寄与している。Si ピクセル吸収体により 5.9 keV に対してほぼ 100%の高い X 線吸収率を実現し、かつ、図 2 のようにダブルピークのないスペクトル取得に成功した。エネルギー分解能(FWHM)は 135 eV~200 eV、読出ノイズは 40 eV~60 eV である。このエネルギー分解能は半導体検出器と同程度であるが、今後、Si ピクセル吸収体の構造および STJ の配置を改良することにより 70 eV 以下を目指す。

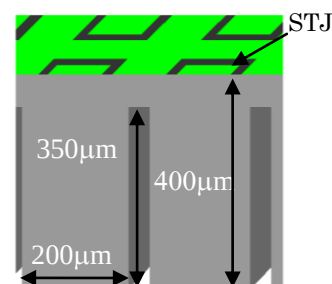
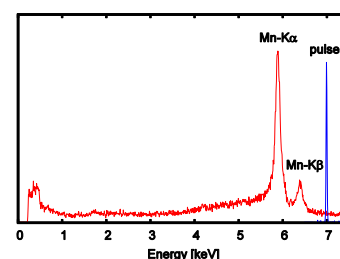


図 1. 試作した検出器の模式図

図 2. 試作した検出器で測定した ⁵⁵Fe 線源のスペクトル