

シリコン単結晶吸収体を有する超伝導X線検出器の開発

利用者：^a産業技術総合研究所，^b高エネルギー加速器研究機構
志岐 成友^a，藤井 剛^a，浮辺 雅宏^a，北島 義典^b，大久保 雅隆^a

研究支援者：物質・材料研究機構 谷川 俊太郎，津谷 大樹

【研究目的】

超伝導トンネル接合(STJ: Superconducting Tunnel Junction) X線検出器は、高エネルギー分解能・高速動作を実現する次世代の検出器である。しかしながら、超伝導薄膜からなるSTJ自体をX線吸収体とするために、1keV以上のX線に対する検出感度が低い。STJ検出器の感度を飛躍的に向上させることを目的として、吸収体としてピクセル化したシリコン単結晶を用いた、新たなSTJ検出器を開発する。

【成果】

まず産総研CRAVITYに於いてシリコン基板上にSTJ検出器を作製した。つぎにNIMS微細加工PFを利用して、基板裏面に深堀加工を施してピクセル吸収体を形成した。当初、極低温に冷却する際にチップが破損すること、加工の際に形状が設計値からずれることが課題であったが、吸収体の構造および製造プロセスを改良して解決した(図2)。

試作した検出器のX線検出器としての特性は、エネルギー分解能がSi-K線(1740eV)に対して80~90eV、読出しノイズが20eV程度であった(図3)。この分解能はすでに最良の半導体検出器と同等の値であり、さらなる向上が見込まれる。100素子アレイを用い、従来型STJ検出器で不可能であった1keV以上のエネルギー領域で、微量軽元素のX線吸収スペクトル測定を実現した(図4)。

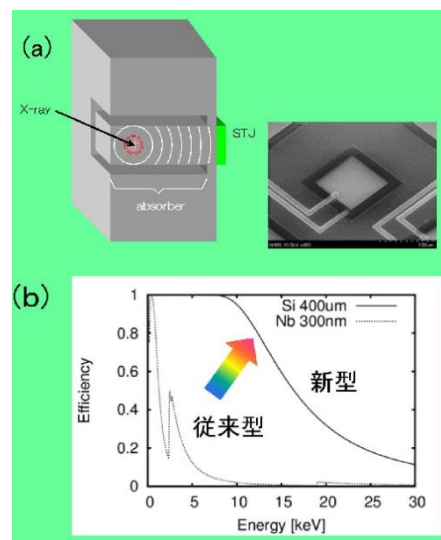


図1 (a) 検出器動作原理とSTJのSEM画像。
(b) 検出感度。

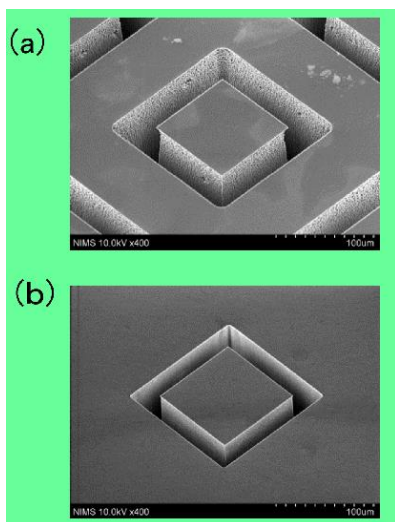


図2 吸収体のSEM画像、改善前
(a)と改善後(b)。線幅・形状が設計通りになり、X線信号のバックグラウンドが減少した。

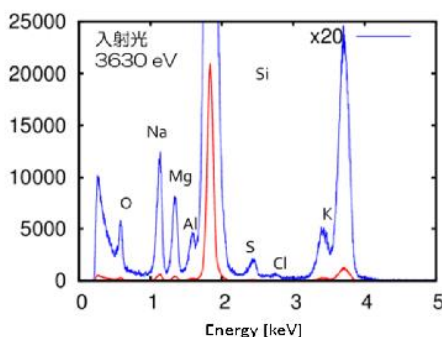


図3 試作した検出器で測定した蛍光X線スペクトル。試料はソーダガラス。

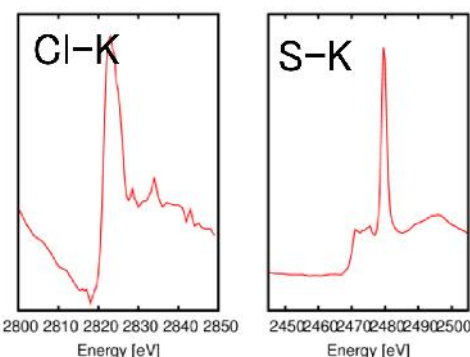


図4 ソーダガラスに含まれる微量軽元素(0.1%以下)のX線吸収スペクトル。

本研究は科研費基盤C(25390142)、KEK-PF共同研究2013G642の支援を受けました。

【支援実施機関からのコメント】

解決すべき技術課題が多い技術代行支援依頼であったが、依頼者と協力しながらノウハウを駆使して課題をクリアしていき、素子完成を成し遂げた。さらなる性能向上を目的として現在も継続して支援を行なっている。

【参考文献等】

- [1] CRAVITYについて (<https://unit.aist.go.jp/neri/cravity/ja/index.html>)
[2] シリコンピクセル吸収体を備えた超伝導トンネル接合検出器について
(Shiki, S., Fujii, G., Ukibe, M. et al. J Low Temp Phys (2016) 184: 206.doi:10.1007/s10909-016-1537-5)