

低加速 SEM のための STJ X 線検出器を用いた軟 X 線分光器の開発

Development of soft X-ray spectrometer based on STJs for low voltage SEMs

産総研 ○藤井 剛, 浮辺 雅宏, 志岐 成友, 大久保 雅隆

AIST °Go Fujii, Masahiro Ukibe, Shigetomo Shiki, Masataka Ohkubo

E-mail: go-fujii@aist.go.jp

走査型電子顕微鏡 (SEM) は、nm スケールの表面形状観察が可能である。しかし、同様の空間スケールでの組成分析は、観察に使用する入射電子のエネルギーが通常 10 keV であり多重散乱による空間拡がり数 100 nm 程度となるため困難であった。近年、材料中の入射電子の飛程が数 10 nm 以下となる 1 kV 以下の低加速 SEM (LVSEM) においては、nm スケールの組成分析も可能となってきた。しかし、通常組成分析に用いられているエネルギー分散型 X 線分光器のシリコンドリフト検出器 (SDD) は、1 keV 以下の軟 X 線領域では、50 eV 程度のエネルギー分解能[1]しかなく、軽元素の K 線や重い元素の L, M 線等の蛍光 X 線が近接するため、それらの X 線の分離が非常に困難である。一方、電子線マイクロアナライザ (EPMA) などで用いられている波長分散型分光器 (WDS) は、10 eV 以下の高エネルギー分解能を持つものの、効率が 10^{-6} Sr と非常に低いため、X 線発生率が低い LVSEM では使用できない。我々はこれまでに、高エネルギー分解能 (6.7 eV @ 400 eV) [2]かつ大有感面積(10 mm²)[3]の超伝導トンネル接合(STJ)アレイ軟 X 線検出器を開発している。今回、STJ アレイ X 線検出器とキャピラリーレンズを組み合わせた軟 X 線エネルギー分散分光器を開発し、それをまずは通常の SEM に搭載した(SC-SEM)。

SC-SEM の外観を図 1 に示す。SEM の電子ビームで励起された X 線は、コリメート型キャピラリーレンズで集められて STJ アレイ X 線検出器に入射する。SC-SEM を用いて測定した窒化ホウ素の X 線スペクトルを図 2 に示す。ホウ素、炭素、窒素、酸素の K α ピークを明瞭に分離できている。今回搭載した 15 チャンネルの STJ アレイ X 線検出器の平均エネルギー分解能は 10~15 eV であった。また、窒素の K α 線の計数率は WDS と同程度の数 cps/nA であった。今後、STJ のアレイ数を 1024 チャンネルにし、集光型キャピラリーレンズを使用することにより、計測効率を 3000 倍に向上させる予定である。内閣府 SIP 革新的構造材料プロジェクトにおいて、微量添加軽元素の PIXE や XAFS 分析への応用が期待される。

参考文献 [1] D.M. Schlosser, et. al., Nucl. Inst. Methods in Phys., **624**, 270 (2010) [2] M. Ukibe, et al., J. Low Temp. Phys **184**, 200 (2016). [3] 藤井剛、他、応用物理学会 2016 年春季年会, 21a-W833-10 (2016).

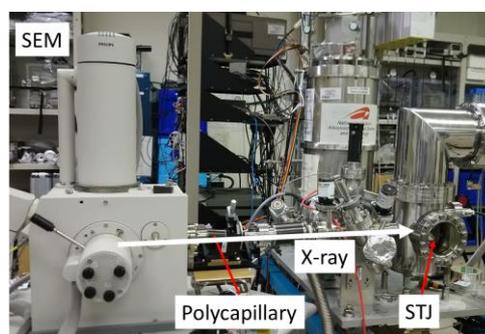


図 1. SC-SEM の外観

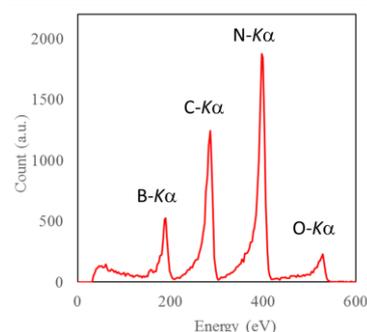


図 2. 窒化ホウ素の X 線スペクトル