メンブレンを用いた STJ 検出器のノイズ低減に関する研究

Noise reduction in superconducting tunnel junction detector by using membrane

埼玉大院[1]，産総研[2]　○(M1) 柴﨑 太我[1]，藤井　剛[2]，浮辺 雅宏[2]，
菊地 貴大[2]，成瀬 雅人[1]，明連 広昭[1]，田井野 徹[1]
Saitama Univ.[1], AIST[2], °T. Shibasaki[1], G. Fujii[2], M. Ukibe[2],
T. Kikuchi[2], M. Naruse[1], H. Myoren[1], and T. Taino[1]
E-mail: t.shibasaki.638@ms.saitama-u.ac.jp

1. 研究背景

半導体材料で構成される X 線検出器は材料分析、特に蛍光 X 線分析など様々な分野で使用されている。しかし SiC や GaN などの軽元素を含む次世代省エネルギー半導体の研究開発で必要な軟 X 線領域における高いエネルギー分解能は、既に理論的上限に達している半導体検出器では実現できない。一方、我々の提案する超伝導トンネル接合(Superconducting Tunnel Junction : STJ)検出器は、理論上シリコンドリフト検出器(Silicon drift detector : SDD)の数十倍の高いエネルギー分解能を実現でき、実際に n 型 SiC の N ドーパント(300 ppm)の分析を可能としている[1]。

しかしながら、これまで STJ 検出器は Si 基板上に直接集積されているため、 高いエネルギーの X 線の場合、殆どの X 線が検出器を透過し Si 基板で吸収され、また STJ 検出器では Si 基板中から下部電極に伝搬するフォノンによっても信号電子が生成するため、高エネルギーX 線が入射した場合、超伝導電極で直接吸収された低エネルギーX 線で生成される信号と同程度の出力の信号が基板由来のフォノンでも生成（基板信号）され、微量な軽元素からの特性 X 線ピークの分離が困難となる。そのため、実用的な検出器実現のためには基板信号の低減が極めて重要である[2]。そこで我々は STJ 検出器直下の Si 基板を除去し、自立 SiN メンブレン上に STJ 検出器を集積することで、基板信号の原因となる STJ 電極直下での X 線の吸収を無くすこと検討している (Fig.1)。本研究では、Si 基板上へのメンブレン形成方法の確立とメンブレン直下の Si 基板の深掘りを行った。

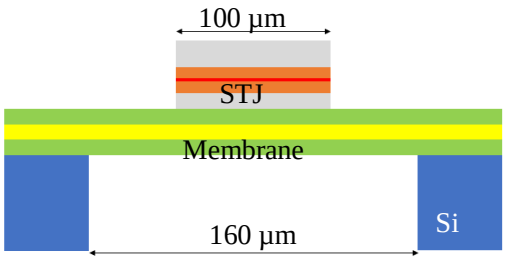

Fig. 1　STJ detector

2. 実験

Si 基板上に $SiO_2/SiN/SiO_2$ 三層膜メンブレンを成膜し、膜応力を測定した。膜応力が+19 MPa(Tensile)の時に破裂なくメンブレンの作製に成功した。SEM による断面観察(Fig.2)から深堀り穴が高い垂直性(ほぼ 90°)であることを確認した。それぞれの作製方法や観察結果の詳細は当日報告する。

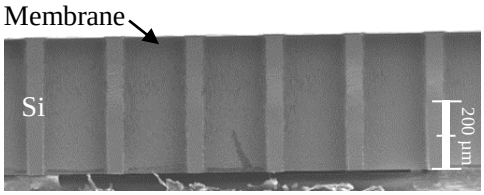

Fig. 2　Cross-section of substrate

参考文献：[1] S. Shiki, et al., J. Low Temp. Phys., 167, pp748-753, 2012.
[2] Y. Fujisawa, et al., J. Phys.: Conf. Ser. 1293, 2019.

© 2020年 応用物理学会