

課題番号 : F-16-UT-0127
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 超流動ヘリウム研究用シリコンマイクロスリット構造の開発
 Program Title (English) : Fabrication of Si Micro-slit Structures for Studies of Superfluid Helium
 利用者名(日本語) : 谷智行¹⁾、和田龍馬¹⁾、海谷航平¹⁾、永合祐輔¹⁾、村川智²⁾、白濱圭也¹⁾
 Username (English) : T. Tani¹⁾, R. Wada¹⁾, K. Kaiya¹⁾, Y. Nago¹⁾, S. Murakawa²⁾, K. Shirahama¹⁾
 所属名(日本語) : 1) 慶應義塾大学理工学部物理学科, 2) 東京大学低温センター
 Affiliation (English) : 1) Dept. Physics, Keio University, 2) Cryogenic Research Center, Univ. Tokyo

1. 概要(Summary)

トポロジカル超流動体としての新規量子現象が期待される液体ヘリウム $3(^3\text{He})$ の物性研究に利用するための、マイクロスケール貫通スリット(深溝)構造を作製する。SOI のシリコン部分(厚さ $40\ \mu\text{m}$)に、幅 $1\ \mu\text{m}$ の垂直なスリット状貫通孔の作製を試みる。このスリット孔に液体 ^3He を入れることで、秩序変数や角運動量が良く制御された擬 2 次元超流動状態が実現できる。貫通孔を横切って流れや超音波を通過させることで、半整数量子渦状態や集団励起(ヒッグスモード)などの新規現象の観測を目指す。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置
 8 インチ汎用スパッタ装置
 高速シリコン深掘りエッチング装置
 汎用 ICP エッチング装置
 汎用高品位 ICP エッチング装置
 クリーンドラフト潤沢超純水付
 ステルスダイサー
 気相フッ酸エッチング装置

【実験方法】

SOI 基盤にスパッタ蒸着により作成した Al 膜をマスクとして、裏側から SiO_2 膜までエッチングで $4\ \text{mm} \times 4\ \text{mm}$ の孔を 3×3 個作成した。その後表側から同様に Al 膜をマスクとしてエッチングを施し、裏面の孔に収まるようにスリットを作成した。その後気相フッ酸エッチングによりスリット部分の SiO_2 膜を除去し、貫通させた。作成したスリット構造の評価は、白濱研究室で所有している SEM で行った。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

昨年度の実験により、スリット内部の原因不明の拡幅化が問題となっていた。本年度の実験により、その原因を調査し、一定の考察を得た。

まずエッチング条件のうち、BOSCH プロセスにおける

SF_6 によるエッチング時間と、 C_4F_8 による被膜形成時間を共に短くしたところ、拡幅化が始まる位置が表面に近くなった。このことから、 C_4F_8 による被膜形成が、スリットの奥で進んでいないことが原因と考えられる。

一方で、この問題の原因が、スリット作成箇所のブリッジ構造に起因し、熱放射が不十分であるとも考えられたが、これに対して、バルクシリコンにおいて同じ条件でスリットのエッチングを行ったところ、同様の拡幅化が確認され、拡幅化が始まる位置が SOI におけるものと同様であることから、Si の構造に依存しないことが判明した。

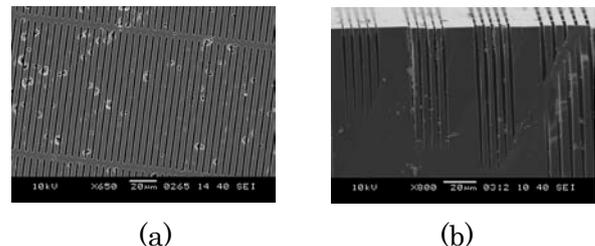


Fig. 1 SEM images of micro-slit structures, (a) surface, (b) cross section

4. その他・特記事項(Others)

本研究は、科学研究費基盤研究(A)「トポロジカル超流動体のジョセフソン物理」の一環として行われた。昨年度より、スリット構造の開発という困難な課題に献身的に取り組んで頂いている Eric Lebrasseur 氏、水島彩子氏と、利用の機会を与えて頂いた三田吉郎先生に心より感謝いたします。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) T. Tani, S. Murakawa, R. Wada, K. Yamada, K. Itho, Y. Mita, and K. Shirahama, International Symposium on Quantum Fluids and Solids, 2016 年 8 月 11 日発表
- (2) 谷智行, 村川智, 和田龍馬, 山田快斗, 伊藤公平, 三田吉郎, 白濱圭也, 日本物理学会 2016 年秋期大会, 平成 28 年 9 月 16 日発表.

6. 関連特許(Patent) なし