

課題番号 : F-15-UT-0128
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⁾、山田 快斗¹⁾、和田 龍馬²⁾、村川 智³⁾、白濱 圭也¹⁾
Username (English) : T. Tani¹⁾, K. Yamada¹⁾, R. Wada²⁾, S. Murakawa³⁾, K. Shirahama¹⁾
所属名(日本語) : 1) 慶應義塾大学大学院理工学研究科、2) 慶應義塾大学理工学部物理学科、3) 東京大学低温センター
Affiliation (English) : 1) School of Science and Technology, Keio University, 2) Department of Physics, Keio University, 3) Cryogenic Research Center, University of Tokyo

1. 概要(Summary)

超流動ヘリウム ^3He 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 $1\ \mu\text{m}$ の真っ直ぐなスリット状貫通孔の作製を試みる。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、貫通孔を横切って流れや超音波を通過させることで、新しいトポロジカル超流動や集団励起(ヒッグスモード)の研究に貢献すると期待される。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置
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 基盤の裏側の Si に、 SiO_2 膜までエッチングで $4\ \text{mm} \times 4\ \text{mm}$ の孔を 3×3 個作成した後、表側の Si にエッチングを施して、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。裏側の Si エッチングは裏面の SiO_2 をマスクとし、表側の Si のエッチングは Al をマスクとして用いた。Al 膜は事前に Eric Lebrasseur 氏に蒸着により成膜して頂いた。

作製したスリット構造を慶應義塾大学に持ち帰り、研究室で所持している SEM で観察し、評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

スリット側の面には、意図しない多数の微小孔が確認さ

れた(Fig. 1)。これは Al 膜が不均一で、マスクが局部的に破れたためと考えられ、今後は蒸着方法を検討していく。

更にスリット断面を SEM 観察して、深さ方向の構造評価を行った。その結果を Fig. 2 に示す(下側がスリット表側に対応)。スリットが貫通していることが確認され、超流動 ^3He の実験に使用可能なスリット構造の作製に初めて成功した。しかし、スリットの表側直下ではスカロップが残り、途中からはスリット幅が広がるのがわかった。今後はこれらの不均一構造の発生原因について検討を行い、均一なスリット構造の実現を目指す。

以上のように、超流動 ^3He 研究に利用可能な貫通スリット構造が得られたことは大きな成果である。今後は均一性の問題を解決して、理想的なスリット構造の実現を図っていく。

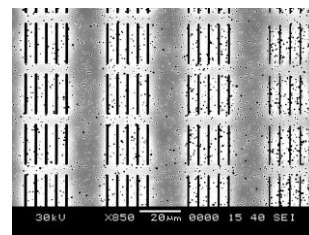


Figure 1

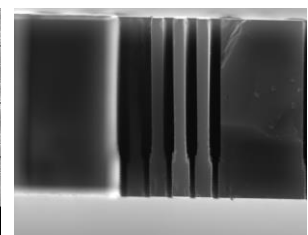


Figure 2

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。

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た Eric Lebrasseur 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)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。