

課題番号 : F-17-UT-0157
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⁾、村川智²⁾、白濱圭也¹⁾
Username (English) : T. Tani¹⁾, R. Wada¹⁾, K. Kaiya¹⁾, 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
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、膜加工・エッチング、超流動

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 $50\ \mu\text{m}$)に、幅 $1\ \mu\text{m}$ を目標に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)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
高速シリコン深掘りエッチング装置
8インチ汎用スパッタ装置
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

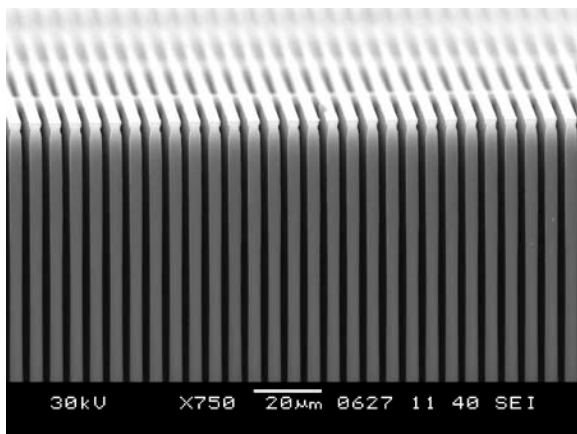


Fig. 1: Cross section of a fabricated multi-slit structure on Si. The size of the slit is $2\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ (width) $\times 50\ \mu\text{m}$ (depth).

【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製した。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。作製したスリット構造を慶應義塾大学に持ち帰り、現有のSEMで観察評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

今年度は、 $2\ \mu\text{m}$ 幅では極めて平滑な貫通スリット構造を得ることに成功した(Fig. 1)。これは本研究の目標である超流動特性の実験を可能にする大きな進展である。この作製においては、スリットの内部で生じるスリット幅の拡幅化はエッチング条件を調整することで抑制することに成功し、スリット壁面に残存するスカロップ構造は異方性エッチングを施すことで平滑化できた。

今後はこの $2\ \mu\text{m}$ の完成した構造を用いて超流動特性を調べると共に、さらに条件調整を行い、最終目標である $1\ \mu\text{m}$ 幅の貫通スリット構造を作製することを目指す。

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。これまでに献身的に取り組んで頂いている Eric Lebrasseur 氏、水島彩子氏と、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) Microfabrication of multi-slit structures for studies of topological properties of quasi-two dimensional superfluid ^3He , T. Tani et al., LT28(低温物理学国際会議), Gothenburg(Sweden), 平成29年8月14日、ポスター発表。

6. 関連特許(Patent) なし。