

課題番号	: F-19-UT-0158
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⁾ 、森川裕介 ¹⁾ 、永合祐輔 ¹⁾ 、村川智 ²⁾ 、 <u>白濱圭也</u> ¹⁾
Username (English)	: T. Tani ¹⁾ , Y. Morikawa ¹⁾ , Y. Nago ¹⁾ , S. Murakawa ²⁾ , <u>K. Shirahama</u> ¹⁾
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、成膜・膜堆積、加工・エッチング、研磨、接合

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 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。また、今年度は超流動ヘリウム中量子乱流および非平衡ヘリウム薄膜研究のための機器利用も開始し、ワイヤーボンディングを利用した MEMS 共振器の開発も行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速シリコン深掘りエッチング装置、マニュアルウエッジボンダー、エポキシダイボンダー、精密研磨装置、8 インチ汎用スパッタ装置、高速大面積電子線描画装置、汎用高品位 ICP エッチング装置、気相フッ酸エッチング装置、マスク・ウエーハ自動現像装置群

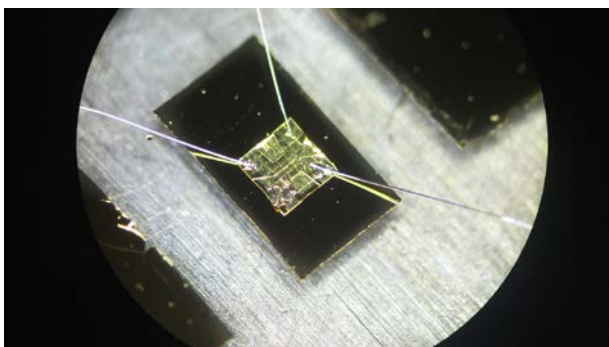


Fig. 1: Wire bonding to a MEMS resonator (invisible) made by a Nanoscribe 3D printer at Keio University.

【実験方法】

(1) 昨年度までと同様に、シリコンマイクロスリット構造の開発を進め、SOI 基板を用いて幅約 $2\ \mu\text{m}$ 、深さ $50\ \mu\text{m}$

の貫通スリットを作製した。作製した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。

(2) 光造形法により作製した樹脂製 NEMS 試料の金電極とガラス基板上の金電極間のワイヤーボンディングを行った。マニュアルウエッジボンダー7476D による Al ワイヤーボンディング、およびエポキシダイボンダー7200C による銀ペーストを用いた金ワイヤーボンディングを行った。その一例を Fig.1 に示す。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

(1) $2\ \mu\text{m}$ 幅で平滑な貫通スリット構造を得ることに成功しており、今年度はこれを超流動流測定装置及び超音波実験用試料セル内に組み込み、実験の準備を進めてきた。引き続き実験準備を進めており、今後は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。

(2) 架橋カーボンナノチューブ+NbN コーティングによるナノワイヤー共振器および Nanoscribe3D プリンタによる MEMS 共振器の作製を進め、これを使用可能にするワイヤーボンディングの手法を確立しつつある。

4. その他・特記事項(Others)

本研究は、科学研究費挑戦的研究(萌芽)「フォノン照射による原子分子薄膜の超流動化」の一環として行われた。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)

Fabrication of phonon generator devices for study of quantum phase transition in molecular films, Y. Nago, Y. Miyoshi, T. Makiuchi, R. Ishiguro, R. Toda, S. Murakawa, K. Shirahama, International Conference on Quantum Fluids and Solids (QFS2019) August 12, 2019, U. Alberta, Canada.

6. 関連特許(Patent) なし。