

課題番号	: F-20-UT-0147
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 <sup>1)</sup> 、永合祐輔 <sup>1)</sup> 、村川智 <sup>2)</sup> 、白濱圭也 <sup>1)</sup>
Username (English)	: T. Tani <sup>1)</sup> , Y. Nago <sup>1)</sup> , S. Murakawa <sup>2)</sup> , K. Shirahama <sup>1)</sup>
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、膜加工・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<sup>3</sup>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 μm)に、幅1 μm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<sup>3</sup>He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。上記スリット構造に加え、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共振器の開発も行う。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

エポキシダイボンダー

### 【実験方法】

(1) 今年度は、昨年度までに作製したシリコンマイクロスリット構造(SOI基板、幅約2 μm、深さ50 μmの貫通スリット)のSEM観察を行い、実験への使用可能性を検討した。

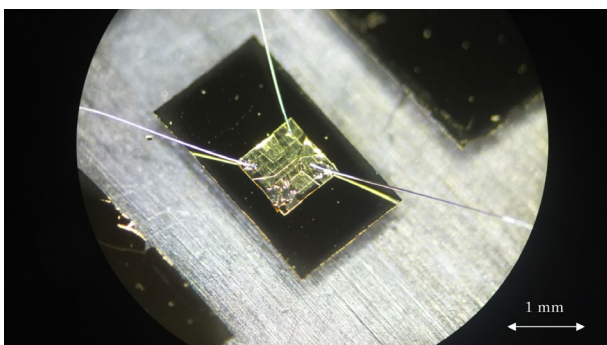


Fig. 1: Wire bonding to a MEMS resonator (invisible) made by a Nanoscribe 3D printer at Keio University.

(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的金電極間のワイヤーボンディ

ングを、昨年度に引き続き行った。その一例を Fig.1 に示す。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

(1) これまでに、2 μm 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、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いる。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 μm 幅の貫通スリット構造を作成することを目指す。

(2) Nanoscribe 3D 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。関係者の皆様に厚く感謝いたします。

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

Evidence for 4D XY Quantum Criticality in 4He Confined in Nanoporous Media at Finite Temperatures, Tomoyuki Tani, Yusuke Nago, Satoshi Murakawa, and Kei-ya Shirahama  
Journal of the Physical Society of Japan 90, 033601 (2021). <https://doi.org/10.7566/JPSJ.90.033601>

## 6. 関連特許(Patent) なし。