

課題番号 : F-18-UT-0019
利用形態 : 機器利用、技術補助
利用課題名(日本語) : シリコンマイクロ流路による希釈冷凍機の開発
Program Title (English) : Development of dilution refrigerator with silicon microchannel
利用者名(日本語) : 鈴木翔子, 石黒亮輔
Username (English) : S. Suzuki, R. Ishiguro
所属名(日本語) : 日本女子大学理学部数物科学科
Affiliation (English) : Department of Mathematical and Physical Sciences, Faculty of Science, Japan Women's University
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、成膜・膜堆積、マイクロ流路、希釈冷凍機

1. 概要(Summary)

本研究では、単結晶シリコン基板上に形成するマイクロ流路によって超小型希釈冷凍機を開発し実証することを目指している。希釈冷凍機は 100 mK 以下の極低温領域を連続的に実現する冷凍機である。希釈冷凍機によって実現する極低温温度は、物質における量子効果が増大することから物性研究において広く利用されるほか、温度に比例する熱揺らぎによる雑音が小さくなることから人工衛星による宇宙マイクロ波背景放射の観測などの超高感度計測などにも利用されている。また、D-wave 社が販売する量子コンピュータにおいても量子ビットのコヒーレンスを保つために希釈冷凍機が用いられており、希釈冷凍機の将来的ニーズも期待される。本研究では微細加工技術を用いたシリコンマイクロ流路を利用した超小型の希釈冷凍機の実現を目指している。また、本研究は単にサイズの小型化だけにとどまらず、「材料を含めた設計の自由度の高い微細加工技術」と「大きな比表面積と界面が重力ではなく表面張力に支配されるマイクロ流路」の性質を最大限利用し、従来の希釈冷凍機にはない機能を有する新しいタイプの極低温冷凍機を実現することを目指している。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置
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
汎用平行平板 RIE 装置

【実験方法】

最初にシリコン深掘りエッチングのマスクとするために 4 inch シリコンウェハに厚み 300 nm のアルミを 8 インチ汎用スパッタ装置を用いてスパッタ製膜した。次にマイクロ

流路式希釈冷凍機開発の重要ステップとなる、超流動ヘリウム漏れの無い熱交換器のテストのために、高速大面積電子線描画装置を用いて熱交換器のテストパターンを描画した。その後シリコン深掘りエッチング装置を用い、深さ 320 μm の溝を形成した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

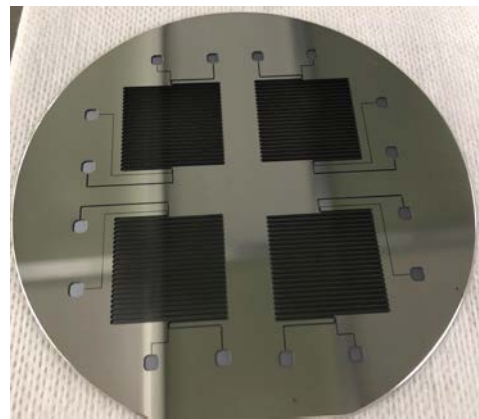


Fig. 1 Picture of a test pattern of the heat pipes for a microchannel dilution refrigerator.

Fig. 1 に、シリコンウェハ上にテストのために作製したマイクロ流路による希釈冷凍機の熱交換器部を示す。この写真ではマスクのアルミを取り除いていない。今後の課題は「シリコン直接接合によって流路を形成すること」、「形成した流路が極低温において超流動ヘリウム漏れがないことを確認すること」である。

4. その他・特記事項(Others)

共同研究: 東京大学 村川智
理化学研究所 池上弘樹
技術支援員 水島彩子

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許(Patent) なし