

課題番号 : F-20-UT-0044
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : マイクロデバイスを用いたナノ構造材料の階層的熱伝導測定
Program Title (English) : Hierarchical thermal conductivity measurement of nanostructured materials using a microfabricated device
利用者名(日本語) : 足立建人, 佐藤彰斗, 児玉高志
Username (English) : Kento Adachi, Akito Sato, Takashi Kodama
所属名(日本語) : 東京大学大学院 工学系研究科機械工学専攻 児玉研究室
Affiliation (English) : Kodama Laboratory, Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, The University of 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, 形状・形態観察

1. 概要(Summary)

我々研究グループはカーボンナノチューブなどの優れたナノ構造材料を利用した新規熱機能性材料の開発に取り組んでいる。ナノ構造材料を工学応用するためにはバルク構造化が不可欠であるが、それにより伝導性が著しく変化することが知られている。そのため、ナノ構造材料を工学応用するためには、ナノスケールからマクロスケールまで階層的な伝導性の評価が材料開発を行う上で必要であり、特に単一ナノ構造材料の熱伝導測定を行うためには、マイクロデバイスを用いた測定が必須である。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置, LL式高密度汎用スパッタリング装置, 汎用高品位 ICP エッチング装置など

【実験方法】

単一ナノ構造材料の熱伝導率計測を行うために、サスペンドマイクロデバイスを以下の手順で製作した。窒化シリコン膜を有したシリコン基板上に高速大面積電子線描画装置 F5112 で金属構造を描画した後、スパッタで Cr/Pt を堆積し、リフトオフによって金属パターンを製作する。その後、アライメントをした多段電子線描画によって、レジストを保護膜として反応性イオンエッチングによる部分的な窒化シリコン膜の除去、二フッ化キセノンガスによる露出シリコンの除去、O₂プラズマ処理によるレジスト保護膜の除去を行い、計測デバイスを完成させた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

本研究では、実験試料として生体試料であり、フレキシブル熱機能性材料として応用が期待されているセルロースナノファイバーの単一分子熱伝導率測定を行った。

Figure 1 のようなデザインのサスペンド測定デバイスを 1

cm 四方のチップ上に多数加工した後、実験試料の分散液に浸して、右の図のように測定領域に試料が橋渡しされた測定デバイスを選別して、熱伝導率の測定を行った。そしてこれまでに直径 10 nm 以下のセルロースナノファイバー1本の熱伝導率の定量やセルロースバルク繊維体の熱伝導率の定量にそれぞれ世界で初めて成功している。

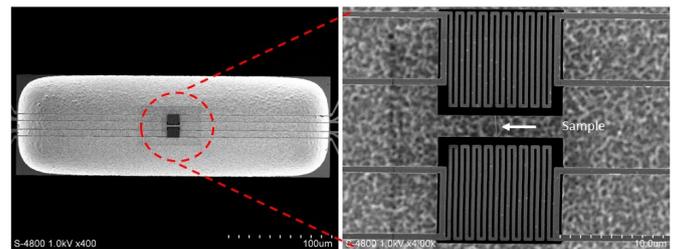


Figure 1 : Representative scanning electron microscope image of suspended thermal conductivity measurement device. The white arrow indicates the bridged samples.

4. その他・特記事項(Others)

本研究は JSPS 基盤研究(B)(18H01377), 挑戦的研究(萌芽)(19K21929), 東大・古河電工社会連携講座の助成を受けている。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- K. Adachi, K. Daicho, M. Furuta, T. Shiga, T. Saito, T. Kodama, “Thermal conduction through individual cellulose nanofibers”, Applied Physics Letters, 2021, in press.
- 足立建人, 大長一帆, 齋藤継之, 児玉高志, 「広温度範囲に亘る単一セルロースナノファイバーの超高精度熱伝導計測」, 日本機械学会熱工学コンファレンス 2020, 2020/10/10

6. 関連特許(Patent)

なし