

単一セルロースナノファイバーの熱伝導計測

Thermal Conductance measurement of single cellulose nanofibers



東大院工¹, 東大院農² ◯(M1C)足立 建人¹, 大長 一帆², 齋藤 継之², 児玉 高志¹

Univ. of Tokyo¹, ◯(M1C)Kento Adachi¹, Kazuho Daicho², Tsuguyuki Saito²,

Takashi Kodama¹

E-mail: adachi@photon.t.u-tokyo.ac.jp

近年, ウェアラブルデバイスやフレキシブルなスマートフォン, 折りたたんでポケットに入れられる透明電子ペーパーなどの開発が進んでいるが, これらの機器はムーアの法則に従う回路密度の増加に伴うジュール発熱が問題となっている. なぜなら, 既存のフレキシブル電子基板材料であるポリイミド等のポリマーは熱伝導率が $1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 以下と低く, ジュール発熱を効率的に放熱出来ないことにより電子基板の温度が上昇し, 機器が破損等をする可能性があるためである. そこで, フレキシブルかつ高熱伝導な代替材料への需要が高まっており, 期待されているのがセルロースナノファイバー(cellulose nanofiber, CNF)である.

CNF は木などから得られるセルロース繊維を, セルロース繊維(幅 $20\text{--}30 \mu\text{m}$, 長さ $1\text{--}3 \text{ mm}$), CNFの束(幅 15 nm , 長さ $2\text{--}3 \mu\text{m}$), CNF(幅 $3\text{--}4 \text{ nm}$, 長さ $2\text{--}3 \mu\text{m}$)と順々に小さい構造へと解繊して得られる材料[1]で(i) 既存のフレキシブル基板材料である, 石油由来のポリイミドと同等の高強度フレキシブル材料で, 森林率が 67% である日本に豊富なバイオマス材料である点, (ii) 先行研究で伸びきり鎖からなる結晶子を持つクモの糸が $300 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ という高熱伝導率を持つ事が報告されており[2], 同じ結晶子を持つ CNF にも同様の特性が考えられる事などから期待をされている.

しかし, 現状 CNF からなるバルク材料の熱伝導率は低く, 常温で $1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 程度である[3]. これは, CNF 束中の CNF 同士の界面や, CNF 繊維中の CNF 束同士の界面においてフォノンが散乱され, 理想的な熱輸送が出来ていないからだと考えられる.

そこで, 本研究では CNF 一本, CNF の束, セルロース繊維と階層的に熱伝導率計測を行い, 各階層でのフォノン輸送特性を理解することで, 最終的なバルク体の熱伝導率の学理を明らかにすることを目標としている. これにより, フォノンの散乱が多い界面などの熱伝導率を下げる原因について改善する事が可能であり, CNF バルク材料の熱伝導率の向上が望める. 本発表では最小単位である CNF 一本の熱伝導率をナノスケールサスペンション測定デバイスにより評価した結果を本計測手法の妥当性や計測精度などと併せて報告する予定である.

【参考文献】

- [1] A. Isogai, T. Saito, and H. Fukuzumi, "TEMPO-oxidized cellulose nanofibers," *Nanoscale*, vol. 3, pp. 71–85, 2011.
- [2] X. Huang, G. Liu, and X. Wang, "New secrets of spider silk: Exceptionally high thermal conductivity and its abnormal change under stretching," *Adv. Mater.*, vol. 24, no. 11, pp. 1482–1486, 2012.
- [3] Uetani, K, & Hatori, K, "Thermal conductivity analysis and applications of nanocellulose materials," *Science and Technology of Advanced Materials*, vol. 18, no. 1, pp. 877–892, 2017