

分子ナノスケール熱電デバイスの作製と評価方法の構築

Fabrication of molecular nanoscale thermoelectric devices and establishment of its evaluation method

慶大理工¹, 茨大工², 慶大スピンセンター³

○古川 昂佑¹, 松坂 美月¹, 上田 拓海¹, 上杉 良太², 小峰 啓史², 海住 英生^{1,3}

Keio Univ.¹, Ibaraki Univ.², CSRN, Keio Univ.³

°Kosuke Furukawa¹, Mizuki Matsuzaka¹, Takumi Ueda¹,

Ryota Uesugi², Takashi Komine², and Hideo Kaiju^{1,3}

E-mail: kousuke_0618@keio.jp

近年, 持続可能な社会の実現に向けて高効率な熱電変換材料・デバイスの開発が注目されている. 最近, 熱電材料として有機分子である 2,7-dioctyl[1]benzothieno[3,2-*b*][1]benzothiophene (C8-BTBT)を用いることで, 巨大なゼーベック効果の発現が報告された[1, 2]. また, ナノ構造を有する熱電材料では, 低次元化によるゼーベック係数の増大が提案されている[3, 4]. 一方, 当研究室では金属薄膜のエッジを利用した分子ナノ接合の作製に成功した[5]. そこで本研究では Au/C8-BTBT/Au ナノ接合の作製と評価, 並びに, 熱電特性測定装置の構築を目的とした.

低融点ガラス上に数 nm から数十 nm の膜厚で Au 薄膜を成膜し, その上に低融点ガラスを熱圧着した. 同試料を半分に切断後, 研磨を行い glass/Au/glass (S-Au)を作製した. S-Au の研磨面上に C8-BTBT を成膜し同じ試料を上下に重ねることで, Au/C8-BTBT/Au ナノ接合を作製した. S-Au の電気特性評価には導電性原子間力顕微鏡(c-AFM)を用いた.

Fig. 1 に C8-BTBT 成膜後の S-Au (Au 膜厚 82 nm)における c-AFM 像を示す. Au エッジに沿った一様な電気伝導を観測した. Fig. 2 に Au エッジ上の C8-BTBT 薄膜における局所電流電圧(I - V)特性を示す. I - V 特性が非線形性を示していることから, Au エッジ上において C8-BTBT が成膜できていることがわかった. ナノ接合作製のための要素技術を構築したため, Au/C8-BTBT/Au ナノ接合を作製し, 直流 4 端子法を用いてナノ接合の抵抗測定を行った. その結果, 温度上昇とともに抵抗が減少する分子由来の温度依存性を観測した. 当研究室ではこれまでに最小で接合面積 $7 \times 7 \text{ nm}^2$ 程度の分子ナノ接合の作製に成功してきた. 本技術を用いて今後は更なる微小な接合面積を有する Au/C8-BTBT/Au ナノ接合の創製を目指す. Fig. 3 にナノ接合の熱電特性測定セットアップを示す. デバイス上面に取り付けたヒーターに電流を供給して上下 Au 電極間に温度差を生じさせ, 差動熱電対により温度差を測定する. さらに同時に, 直流 4 端子法によりデバイスの熱起電力および電気抵抗を測定する. 詳細な測定方法および結果については講演会当日に報告する.

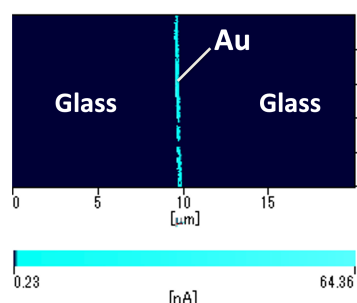


Fig. 1 c-AFM image of the S-Au coated with C8-BTBT thin films.

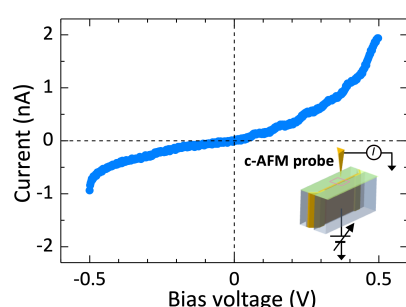


Fig. 2 I - V characteristics of the polished Au edge coated with C8-BTBT thin films.

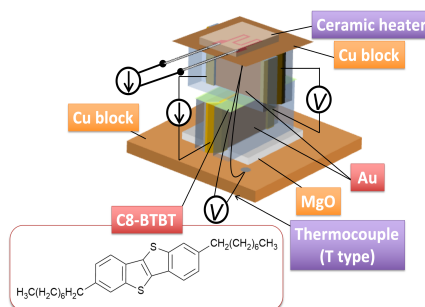


Fig. 3 Measurement setup for Seebeck effect in nanojunctions.

- [1] H. Kojima *et al.*, Mater. Chem. Front. **2**, 1276 (2018). [2] M. Nakamura *et al.*, Faraday Disc. **250**, 361 (2023).
 [3] C. M. Finch *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 033405 (2009). [4] L. D. Hicks *et al.*, Phys. Rev. B **47**, 12727 (1993).
 [5] M. Matsuzaka *et al.*, Nanoscale Adv. **4**, 4739 (2022).