

2 探針 AFM によるオリゴチオフェン薄膜結晶の局所電気伝導計測

Local electrical transport properties in oligothiophene crystalline domains studied by dual-probe AFM

京大院工¹, 京大白眉セ² °広瀬 政晴¹, 小林 圭^{1,2}, 山田 啓文¹Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.¹, Hakubi Center, Kyoto Univ.²°Masaharu Hirose¹, Kei Kobayashi^{1,2}, Hirofumi Yamada¹

E-mail: hirose @ piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

【背景】われわれがこれまでに開発してきた 2 探針原子間力顕微鏡 (DP-AFM) は, 2 本の AFM プローブを独立に駆動して任意に位置決めすることが可能であり, その探針間の距離を 300 nm まで近づけることができる[1]. 2 本の導電性探針を有機半導体薄膜の試料上で近接させ, これらをソース/ドレイン電極として用いることで, 有機半導体薄膜の電界効果トランジスタ (FET) 特性を測定することが可能である. また, 最新の DP-AFM システムは環境制御チェンバと一体設計されているため, 薄膜試料の電気特性の雰囲気依存性を測定することができる[2]. 今回, 薄膜結晶グレインとその接合部を測定対象とし, 局所的に電気伝導計測を行なったところ, 結晶粒界を含む系における電荷移動に関する新しい知見が得られたため, その結果について報告する.

【実験】膜厚 100 nm の熱酸化膜を有する Si 基板上に, 電子線リソグラフィおよびウェットエッチングにより 400 nm 周期で幅 200 nm, 深さ 10 nm の溝を作製した. オリゴチオフェン (α -6T) を真空蒸着法で周期溝構造上に堆積して (グラフォエピタキシー法[3]) 結晶成長させた (Fig. 1). 周波数変調 (FM) 検出方式 AFM で取得した結晶グレインの表面形状を Fig. 2 に示す. 2 本の PtIr コートカンチレバーの励振を停止し, 探針をグレインに接触させて各々をソース(接地) / ドレイン電極とした. ドレイン電極にドレイン電圧 V_d , Si 基板 (ゲート電極) にゲート電圧 V_g を印加し, 探針間を流れるドレイン電流 I_d を測定したところ p 型 FET 特性の計測に成功した. Fig. 2 に示すように, 同グレイン上で探針位置を直線状に変化させて得た, 抵抗値の探針間距離依存性を Fig. 3 に示す. これより, 表面形状像で確認されたグレイン境界が含まれる伝導経路では, 単一のグレイン内と比べて抵抗値が非常に高くなることが分かった. 同様の計測を真空中でおこなった際には, 境界を含む場合の電流値はシステムの検出限界を下回り, 大気下より更に高抵抗となることが示唆された. なお, 単一グレイン内ではチャネル抵抗成分が探針間距離に比例すると仮定してコンタクト抵抗 R_c およびチャネル抵抗 R_{ch} を見積もると (Transfer Line Method), 大気/真空中による差異がみられなかった. したがって, 高結晶性薄膜では, 結晶グレイン境界における電荷移動が律速要因となり, 境界部の抵抗値が大気/真空中で変化することが分かった.

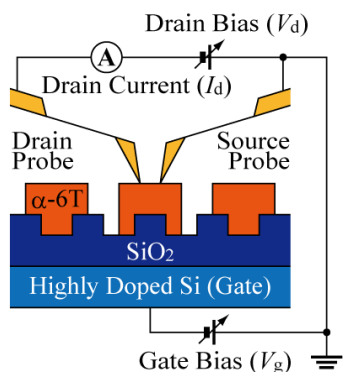


Figure 1: Schematic of electrical transport measurement by means of dual-probe AFM using both tips as source/drain electrodes.

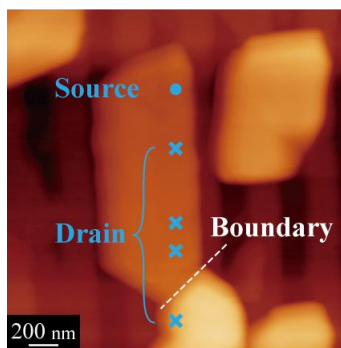


Figure 2: Topography of crystalline oligothiophene grains. Positions of tips are indicated by filled circle (Source) and cross marks (Drain).

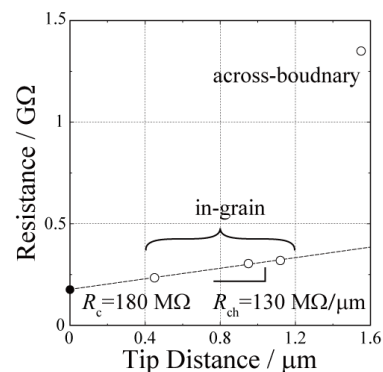


Figure 3: Plot of resistance between the two probes on the grains as a function of the tip separation.

[1] E. Tsunemi, et al: submitted to Rev. Sci. Instrum. [2] 広瀬 他: 第72回秋季応物 2a-ZB-8. [3] S. Ikeda, et al: Appl. Phys. Lett., **88** (2006) 251905.