

分子スケールナノサイエンスセンター
分子金属素子・分子エレクトロニクス研究部門

多田博一(助教授)

A-1) 専門領域：有機エレクトロニクス、分子スケールエレクトロニクス

A-2) 研究課題：

- a) 有機薄膜電界効果トランジスターの作製と動作機構の解明
- b) ナノギャップ電極の作製と有機デバイスへの応用
- c) シリコン - 炭素ナノインターフェースの構築
- d) スピン偏極STMの開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 極低温4端子プローバーの導入によりFET特性の温度変化を測定することが可能となった。試料としてBTQBT(東京工業大学・山下敬郎教授の合成)を用いたところ、成膜温度が室温の場合は、100ナノメートル前後の球状結晶となり、80℃で成膜した場合に長さ数ミクロンにもおよぶ針状結晶が得られた。球状結晶の電界効果移動度は温度を下げると低くなるのに対し、針状結晶の移動度は、低温域でも下がることがなく、結晶粒界がキャリア輸送に重要な役割を果たしていることがわかった。
- b) リソグラフィー法によりより作製したマイクロギャップ電極を、電気メッキにより太らせ、ナノメートルサイズのギャップを有する電極を作製した。片側を金、反対側を銀というように仕事関数の異なる金属でメッキすることにより、キャリアの注入障壁に関する知見を得た。
- c) 水素終端シリコン(111)面に1-アルケンなど末端に2重結合を有する分子を反応させることにより、均一な単一分子薄膜の作製を行ない、その構造を原子間力顕微鏡(AFM)接触角測定、分子シミュレーションにより調べた。今年度は、シリコン製カンチレバーにこの手法を適用して、カンチレバー表面をさまざまな有機分子でコーティングし、摩擦力顕微鏡像を観察した。
- d) 極低温、強磁場中での分子像観察に成功した。今後、強磁性探針を用いて、スピンの異なるトンネル電子像を観察する。

B-1) 学術論文

M. TAKADA, H. YOSHIOKA, H. TADA and K. MATSUSHIGE, "Electrical Characteristics of Phthalocyanine Films Prepared by Electrophoretic Deposition," *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, L73-L75 (2002).

M. TAKADA, H. GRAAF, Y. YAMASHITA and H. TADA, "BTQBT Thin Films: A Promising Candidate for High Mobility Organic Field Effect Transistors," *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, L4-L6 (2002).

M. ARA, H. GRAAF and H. TADA, "Nanopatterning of Alkyl Monolayers Covalently Bound to Si(111) with An Atomic Force Microscope," *Appl. Phys. Lett.* **80**, 2565-2567 (2002).

M. ARA, H. GRAAF and H. TADA, "Atomic Force Microscope Anodization of Si(111) Covered with Alkyl Monolayers," *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, 4894-4897 (2002).

H. GRAAF, M. ARA and H. TADA, "Force Curve Measurement of Self-Assembled Organic Monolayers Bound Covalently on Silicon (111)," *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **377**, 33–35 (2002).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

M. TAKADA, Y. YAMASHITA and H. TADA, "Field Effect Transistors of BTQBT and Its Derivatives," *MRS Proc.* P.10.3 (2002).

B-3) 総説、著書

H. TADA and S. TANAKA, 「分子スケールの電気特性測定」, K. MTATSUSHIGE and K. TANAKA, Eds., 「分子ナノテクノロジー」, 化学同人 (2002).

B-6) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

応用物理学会有機分子バイオエレクトロニクス分科会常任幹事 (1995-1997, 1999-2001).

電気学会ハイブリッドナノ構造電子材料調査専門委員会委員 (1997-1999).

化学技術戦略推進機構 インターエレメント化学ワーキンググループ委員 (2000-2001).

化学技術戦略推進機構 コンビナトリアル材料化学産官学技術調査委員会委員 (2000-2001).

学会の組織委員

光電子機能有機材料に関する日韓ジョイントフォーラム2000 組織委員 (2000, 2001, 2002).

環太平洋国際化学会議におけるシンポジウム "Ordered Molecular Films for Nano-electronics and Photonics," 組織委員 (2000).

学会誌編集委員

「表面科学」編集委員 (1994-1996).

B-7) 他大学での講義、客員

京都大学工学研究科電子物性工学専攻, 「分子エレクトロニクス」, 2000年, 2001年, 2002年後期.

東京工業大学応用セラミックス研究所, 非常勤講師, 2001年2月.

C) 研究活動の課題と展望

有機電界効果トランジスタ (OFET) は, 1990年代後半になりペンタセン蒸着膜が, アモルファスシリコンに匹敵する $1 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度の正孔移動度を示したことや, 大気中でも安定な n 型半導体特性を示す材料が見出されたこと, インクジェットプリントやスクリーン印刷のような簡便な手法で作製できることが示されたことにより, 有機ELデバイスの市場化の動きとも相俟って, 米国, ドイツ, オランダなどでフレキシブル化, 低コスト化を意図した全有機デバイスの開発研究が活発化している。一方, 無機半導体デバイスにおける微細化の物理的・技術的限界が見え始め, 新しいパラダイムに基づくデバイス設計の必要性が指摘されている。そのひとつとして, 有機分子を高度に組織化した分子スケール素子が検討されている。走査プローブ顕微鏡をはじめとするナノ計測・加工ツールの急速な進歩により, 構成要素となる単一分子あるいは小数分子系の電気特性を計測することも可能となり, 分子スケールエレクトロニクスとよばれる研究領域が着実に広がっている。基礎特性を調べる方法

のひとつとして、電界効果トランジスタ構造が用いられ、1本のカーボンナノチューブや単一分子を用いた研究が行われている。有機デバイスおよび分子デバイスの実現のために避けて通れない主な課題は下記の3点である：不純物の問題、吸着ガスの問題、信号(キャリア)の入出力インターフェースの問題、グレイン境界でのキャリア輸送の問題。我々は、前述のアプローチでこれらの問題解決の糸口を掴みたいと考えている。