

直鎖 π 電子共役系の電気伝導度測定に関する研究

Measurement of electric conductivity of the straight chain of conjugated π -electron systems

プロジェクト代表者: 上野 啓司 (理工学研究科 物質科学部門 准教授)
Keiji Ueno (Associate Professor, Graduate School of Science and Engineering)

1 研究の概要

本研究課題では、長鎖ジアセチレン誘導体分子を異方重合させることで1直線状に延伸した π 電子共役鎖を絶縁性の高い基板上に形成し、その電気伝導度の評価を行うことを目的としている。直線状 π 電子共役鎖の形成方法としては、以下の2つの方法を試みている。

①通電加熱によりステップバンチさせたのち、熱酸化し絶縁体とした微傾斜 Si(111)/SiO_x 表面に存在するステップ/テラス周期構造 (図1) を利用することで、1直線状に重合した π 電子共役ポリマーを形成する。具体的には、長鎖ジアセチレン誘導体やポリチオフェン誘導体の単分子膜を Langmuir-Blodgett 法や真空蒸着法によって成長し、ステップバンチさせた微傾斜表面に存在する直線状ステップ/テラスの周期構造に沿わせて重合させ、100 μm 以上に真っ直ぐ延伸した π 電子共役鎖を形成する。

②ドーパ量が低く絶縁性の高い Si(111)基板の表面を傍熱・通電加熱によって清浄化し、7 \times 7再構成表面を形成する。この表面に長鎖ジアセチレン誘導体分子を真空蒸着すると、サブミリスケールの拡がりを持つ面内単一配向ドメインが成長できる (図2)。このドメインに紫外線を照射して光重合することにより、ドメイン内では重合方向が1方向に揃った、非常に長く真っ直ぐな π 電子共役鎖を形成する。

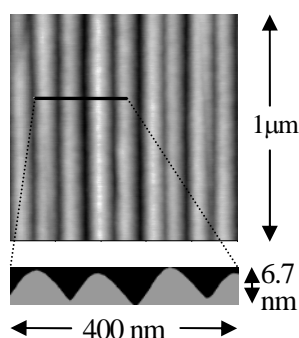


図1 ステップバンチSi(111)基板の表面構造

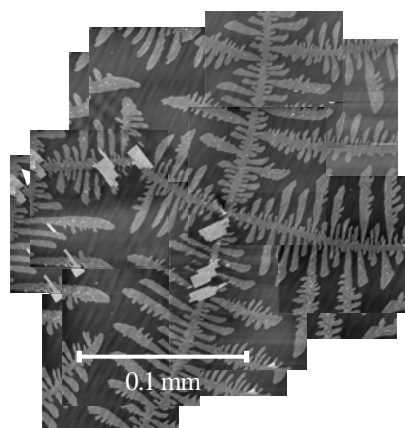


図2 Si(111)清浄表面上に形成したジアセチレン誘導体の巨大ドメイン

2 これまでの研究成果

上記の実験手法①については、まず超高真空中で Si(111)表面を清浄化する際のフラッシュ温度やアニール温度・時間の最適化を行った。これにより、ステップバンチによる直線状周期構造を持つ微傾斜 Si(111)テンプレート基板の、再現性の高い形成方法を確立した。

この直線状周期構造を持つテンプレート基板に、直鎖 π 電子共役系を持つポリチオフェン高分子の薄膜を、水面上単分子膜からの水平付着法により形成した。この試料について、放射光を用いた偏光X線吸収端近傍微細構造スペクトル (NEXAFS) 測定による評価を行ったところ、基板表面の周期構造に平行に沿って、ポリチオフェン分子の主鎖が直延伸していることが確認された (図3)。

次に実験手法②については、Si(111)清浄基板上に良質なジアセチレン誘導体薄膜を成長するための条件探索を進め、ミリメートルスケールに渡って連続した面内単一配向ドメインを再現性良く形成することに成功した。紫外線を照射したドメイン内においては、重合により形成される特徴的な筋状構造が1方位に揃っていることも観察されている。また、このようにして成長したジアセチレン誘導体単層膜の反射高速電子線回折 (RHEED) 測定を行ったところ、秩序構造の形成を示すストリーク像が得られた。

現在、成長した薄膜の構造、および紫外線照射による構造変化について AFM 像や RHEED 像の解析を進めるとともに、 π 電共役鎖の電気伝導測定についても導電性カンチレバーを用いた原子間力顕微鏡を用いて実験を進めている。

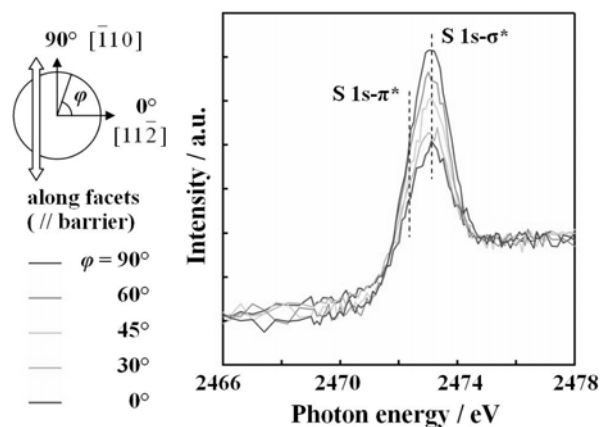


図3 直線状周期構造を持つ Si(111)基板上的のポリチオフェン薄膜における偏光NEXAFS スペクトルの面内角依存性

3 本研究に関連する学会発表

- (1) 「直線状周期構造を持つ Si/SiO_x 基板上への C₆₀ 薄膜成長」川端ちひろ, 小野木 亮, 上野啓司, 斉木幸一朗, 2006 年秋季第 67 回応用物理学会学術講演会 (立命館大学) 30p-ZC-7.
- (2) “Growth and Photopolymerization of Long-chain Diacetylene Derivative Giant Domains on Si(111) Surfaces”, R. Onoki, K. Ueno and K. Saiki, The 14th International Conference on Molecular Beam Epitaxy (2006 年 9 月, 早稲田大学)
- (3) “Characterization of the in-plane ordering of a poly(3-alkylthiophene) thin film by polarized NEXAFS spectroscopy”, Ryo Onoki, Genki Yoshikawa, Yuki Tsuruma, Susumu Ikeda, Koichiro Saiki, Keiji Ueno, Fourth International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE4) (2007 年 3 月, 東京大学).
- (4) 「ポリ (3-アルキルチオフェン) 薄膜の面内配向制御」, 小野木亮, 吉川元起, 霍間勇輝, 松本晃, 池田進, 島田敏宏, 斉木幸一朗, 中原弘雄, 上野啓司, 2007 年春季第 54 回応用物理学連合講演会 (2007 年 3 月, 青山学院大学) 28p-SK-6.