

ペンタセン単結晶上への C_{60} のヘテロエピタキシャル成長

Epitaxial growth of C_{60} on pentacene single crystal

○山本 真之¹, 水野 裕太², 金城 拓海¹, 浦上 裕希¹, 細貝 拓也³, 小金澤 智之⁴,
間瀬 一彦⁵, Kaveenga Rasika Koswattage⁶, 中山 泰生^{1,2,6}, 石井 久夫^{1,2,6}

(1. 千葉大院融合, 2. 千葉大工, 3. 産総研, 4. JASRI, 5. KEK 物構研, 6. 千葉大先進)

°Masayuki Yamamoto¹, Yuta Mizuno¹, Hiroumi Kinjo¹, Takuya Hosokai³, Tomoyuki Koganezawa⁴,
Kazuhiko Mase⁵, Kaveenga Rasika Koswattage⁶, Yasuo Nakayama^{1,2}, and Hisao Ishii^{1,2,6}

(1. AIS, Chiba Univ., 2. Fac. Eng., Chiba Univ., 3. AIST, 4. JASRI, 5. IMSS, KEK, 6. CFS, Chiba Univ.)

E-mail: masayuki105@chiba-u.jp

[緒言] 有機半導体デバイスにおいて、素子内に存在するヘテロ界面、特に有機 pn 接合界面はデバイスの動作機構に大きく影響を及ぼす場であるため、その物性に関する研究が近年精力的に行われている。しかし、従来の実験的研究は、非晶質ないし多結晶状の構造秩序性の低い界面に対してなされたものが殆どであった。本研究では、p 型有機半導体材料であるペンタセン($C_{22}H_{14}$)の単結晶 (PnSC) を基板として用い、その表面上に n 型有機半導体材料である C_{60} を積層した高秩序な有機 pn 接合界面の成長様式を実証し、さらにその電子構造を計測した。

[実験] 物理気相成長法[1]により作製した厚さ数 μm , 5 mm 四方以下の PnSC を Si ウェハ上に固定し、その表面上に異なる膜厚の C_{60} を室温で真空蒸着したものを測定試料とした。ヘテロ界面の結晶構造は、SPRING-8 BL19B2 において、二次元斜入射 X 線回折法 (2D-GIXD) によって評価した。その際、面内方位を 0.5 度刻みで 270 度回転し、結晶軸の面内方位の整合関係を決定した。表面形状は非接触型原子間力顕微鏡 (nc-AFM, SII 社 SPA-400) にて観察した。以上の構造解析実験は全て大気中にて実施した。加えて、KEK フォトンファクトリー-BL-13A/B において、レーザー照射により発生する光伝導度を利用してチャージアップを緩和した光電子分光法(PES)[2]により、界面電子構造評価も行った。

[結果と考察] 蒸着量 2 nm の C_{60} を堆積した PnSC 表面の nc-AFM 像を Fig. 1(a)に示す。テラス上に現れた C_{60} アイランドは上面が平坦で周縁も直線的な規則性の高い形状のものが多く、PnSC 上で C_{60} 分子が結晶性の高いアイランドを形成することを示唆している。蒸着量を 20 nm まで増加させると、Fig. 1(b)に見られるように、ほぼ全面が C_{60} アイランドによって覆われる。Fig. 2 に平均蒸着量 20 nm の C_{60} を堆積した PnSC の 2D-GIXD パターンを示す。なお、この画像は異なる方位角から得られた複数の画像を積算して得たものである。図中白丸で示す PnSC に由来する回折スポットに加えて、 C_{60} 被膜層に起因する回折 (黒丸) が明瞭に観察されており、回折パターンより C_{60} 被膜層は基板法線方向に [111] 配向していることがわかった。また、平均膜厚 1 nm の試料においても C_{60} に帰属されるスポットは検出されており、界面形成初期のアイランドは C_{60} が結晶化したものであることを示唆している。また、ペンタセンの晶系は三斜晶であり、表面には (001) 面が露出しているため、表面格子は 2 回対称であり、実際に、ペンタセン単結晶に由来する回折スポットは 180 度おきに出現している。これに対し、 C_{60} 被覆層に起因する回折スポットは 60 度周期で生じている。このことは C_{60} 被膜層が PnSC 基板に対してエピタキシャルな最密充填構造を持つことを示している。本講演では、この高秩序ヘテロエピタキシャル界面における電子構造についても報告する。

[1] R. Laudise *et al.*, *J. Cryst. Growth* **187**, 449 (1998).

[2] S. Machida *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **104**, 156401 (2010).

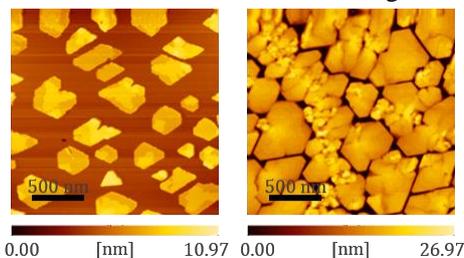


Fig. 1: nc-AFM images of (a) 2.0 nm and (b) 20 nm-thick C_{60} adlayers grown on PnSC.

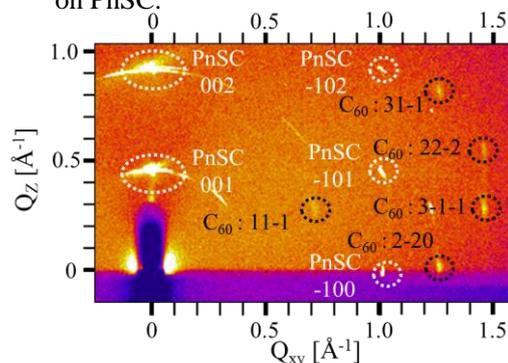


Fig. 2 (a) 2D-GIXD data from a 20 nm-thick C_{60} adlayers grown on a PnSC.