

半導体に適した自己組織化グラフェンの分子配列解析

実施責任者：株式会社豊田中央研究所 有機材料研究室 竹内久人
 共同実験者：森朋彦，梅本和彦，菊澤良弘，妹尾与志木，野崎洋（豊田中央研究所）

【目的】

現在、盛んに開発が行われているフレキシブルディスプレイには駆動素子として有機 TFT が用いられようとしている。この有機 TFT の特性向上には、移動度が高い有機半導体材料の開発が不可欠である。有機半導体材料開発の一環として、新規有機半導体材料であるヘキサベンゾコロネン誘導体を合成し、有機薄膜トランジスタ素子を作製した。ヘキサベンゾコロネンにアルキル置換基を導入することによりトランジスタ特性(キャリア移動度)が向上することを見出した。特性向上の理由としてアルキル基によるヘキサベンゾコロネン分子の配列制御が要因であると推測している。2005B期に高輝度光科学研究センターの BL46XU ラインにおいてヘキサベンゾコロネン誘導体蒸着膜の斜入射 X 線構造解析を行った。今回さらに分子層の極方向成分の散乱強度を測定し、分子層の積み重なり構造について調べた。

【実験】

試料：ヘキサベンゾコロネン誘導体蒸着膜(シリコン基板：図 1)

実験：斜入射 X 線構造解析(GIXD)

- ・ He 雰囲気下
- ・ 入射光エネルギー：12KeV
- ・ X線入射角度:0.12°
- ・ $2\theta_z$:1-22° (0.1°), 2θ :0.24-15° (0.5°)

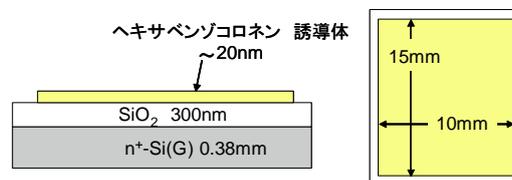
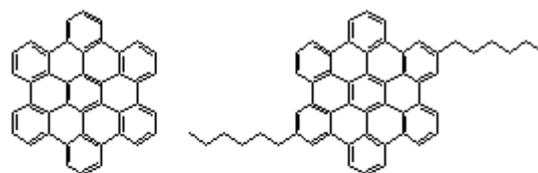


図1 測定試料

【結果】

有機半導体材料として用いたヘキサベンゾコロネン(HBC)とアルキル基置換誘導体(2H-HBC)の分子構造とキャリア移動度を図2に示す。基板温度が室温の場合、HBC と比較して、2H-HBC はキャリア移動度において約2桁の性能向上を示した。基板温度 150°Cで作製した蒸着膜のキャリア移動度は HBC, 2H-HBC ともに室温作製の 2H-HBC と同程度のキャリア移動度を示した。基板温度 150°Cで作製したHBCの $2\theta / 2\theta_z$ 相関図を図3に示す。HBC はすでに報告されているヘリングボーン型の結晶構造(Monoclinic P21/a $a=18.431 \text{ \AA}$, $b=5.119 \text{ \AA}$, $c=12.929 \text{ \AA}$, $\beta=112.57^\circ$)と今回測定した $2\theta / 2\theta_z$ 相関図の結果が一致し、蒸着膜が図4に示すようなヘリングボーン型の結晶構造を形成していることがわかった。一方、室



基板温度	HBC	2H-HBC
室温	1.4×10^{-4}	1.1×10^{-2}
150°C	3.3×10^{-2}	2.2×10^{-2}

図2 HBC誘導体の構造とキャリア移動度(cm^2/Vs)

蒸着膜が図4に示すようなヘリングボーン型の結晶構造を形成していることがわかった。一方、室

温で作製した HBC 蒸着膜の GIXD チャートではブロードなピークしか観測されず、 $2\theta / 2\theta_z$ 相関図からもヘリングボーン型の結晶構造とは一致しないことが明らかとなった。HBC の蒸着膜では基板温度により結晶系が異なり、基板温度を高温にして作製することによりヘリングボーン型の結晶系が形成され、高いキャリア移動度を示したことがわかった。

アルキル置換基を有する 2H-HBC は GIXD 測定結果と HBC 結晶構造から $2\theta / 2\theta_z$ 相関図データ(図5)を合わせ込み、HBC 骨格のスタック構造が基板に対して平行に配置したヘリングボーン型の結晶構造(Monoclinic $a=18.7\text{\AA}$, $b=5.05\text{\AA}$, $c=19.8\text{\AA}$, $\beta=107.8^\circ$)であることが推測できた(図6)。2H-HBC は基板温度によらず同様の GIXD 測定結果を示し、室温でも 150°C でも HBC 骨格のスタック構造が基板に対して平行に配置した蒸着膜が形成されている。このことにより電荷が流れやすく、蒸着膜作製時の基板温度によらず高いキャリア移動度を示したと考えられる。

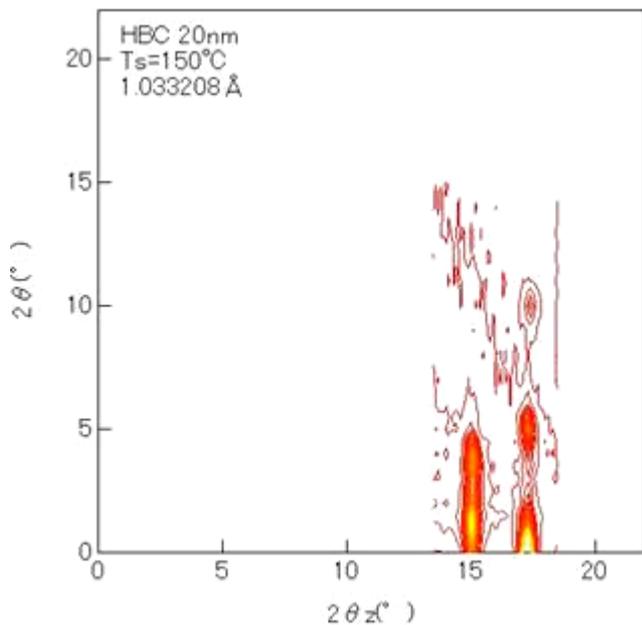


図3 基板温度 150°C で作製した HBC 蒸着膜の $2\theta / 2\theta_z$ 相関図

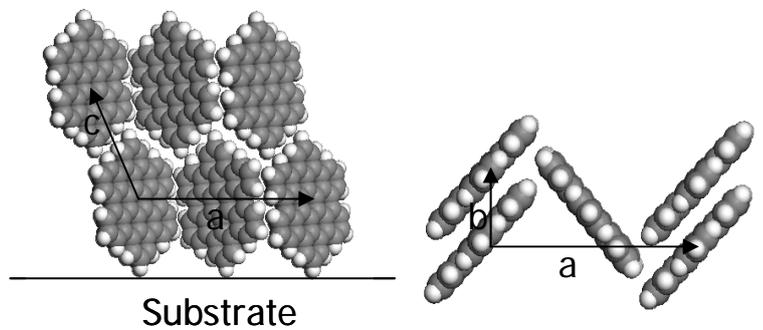


図4 基板温度 150°C で作製した HBC 蒸着膜の結晶構造

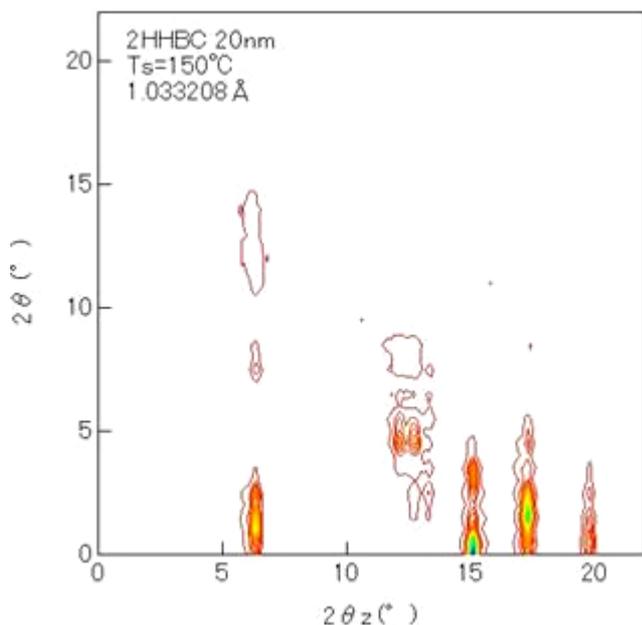


図5 基板温度 150°C で作製した 2H-HBC 蒸着膜の $2\theta / 2\theta_z$ 相関

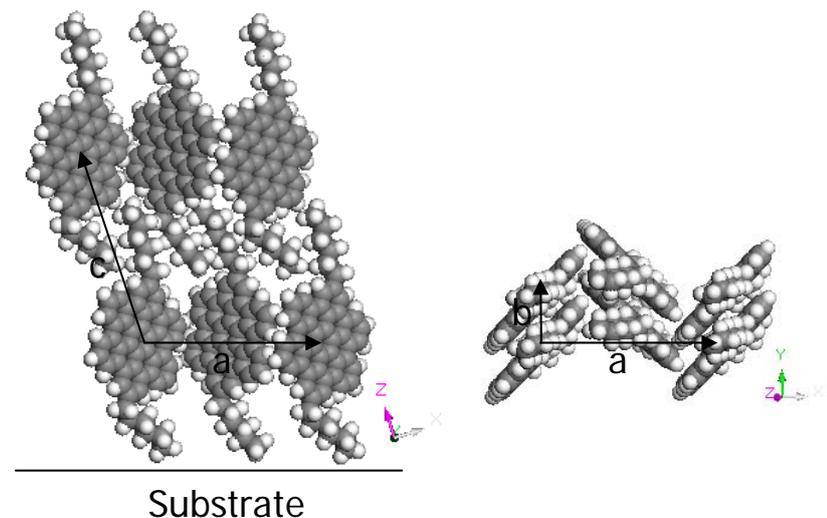


図6 基板温度 150°C で作製した 2H-HBC 蒸着膜の結晶構造