

機関番号：11101
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20550159
 研究課題名（和文）液滴モデルに基いた薄膜成長モード制御と有機・バイオマテリアル薄膜の高品質化
 研究課題名（英文）The growth mode control of thin films based on droplet model and improvement of organic and biomaterial films
 研究代表者
 伊高 健治（ITAKA KENJI）
 弘前大学・北日本新エネルギー研究所・准教授
 研究者番号：40422399

研究成果の概要（和文）：

液滴モデルに基づいた‘分子ぬれ性’に着目してペンタセン単分子バッファー層を用いることにより、薄膜形成時における分子のマイグレーションの向上を目指した。

BEDT-TTFは有機超伝導体の構成分子としてよく知られており、高い電子活性が期待される分子であるが、ロッド状の成長をしやすい。そこで、ペンタセン-ルブレンのヘテロバッファーを用いることによって、ナノロッドの成長を抑制されていることを見出した。

研究成果の概要（英文）：

By control of the 'molecular wettability' based on a droplet model, we controlled the layer structure of organic thin films with the molecular level. Pentacene monolayer buffer were used as the modification of the 'molecular wettability'.

BEDT-TTF is well known as a component of organic superconductors, and although it is a molecule in which high electronic activity is expected, it is easy to carry out rod-like growth. We found out that growth of a nano rod was controlled using the hetero-buffer of pentacene and rubrene.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,800,000	1,140,000	4,940,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・機能材料・デバイス

キーワード：有機半導体デバイス

1. 研究開始当初の背景

シリコン・化合物エレクトロニクスの歴史において、高品質・高結晶性薄膜技術の進歩が様々な新規デバイスを世に送り出してきた。原子・分子が“結晶化”すること

によって形成されたバンド構造は、電子・光・磁気機能を生み出し、現代エレクトロニクスの根幹をなしている。また一方で、良質の結晶は材料の構造解析に必須であり、精力的な研究が進められているタンパク質などのバイオマテリアルの機能解明には欠

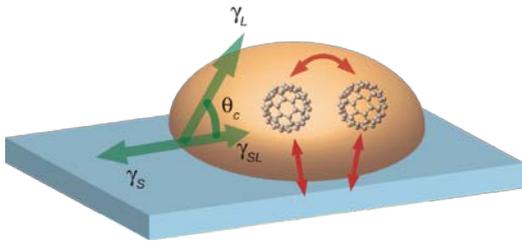


図1 液滴モデルに基づく“分子ぬれ性”の概念

かせない。このように、結晶化技術は基礎から応用にわたって重要な要素技術である。しかしながら、新規半導体であるπ共役有機半導体材料・バイオマテリアルの薄膜合成技術は未熟であり、結晶性の薄膜が得られていない材料も数多い。有機半導体材料は、有機エレクトロルミネセンス・トランジスタを始めとする有機デバイスへの応用が注目されており、企業を巻き込んだ研究が活発になされているが、そのベースとなる高品質・高結晶性の有機薄膜を作製する技術が確立されておらず、有機半導体のもつポテンシャルが十分に引き出されていない。また結晶性のバイオマテリアル薄膜は、DNA/バイオチップへの展開だけでなく、単結晶作製のための種結晶（シード）として用いることができる。この場合、タンパク質の目的材料そのものではなくとも、比較的分子材料であっても部分的に分子構造がマッチすれば、結晶化が促進されると考えられる。有機・バイオマテリアル結晶は、無機材料と比べて決定的に異なる点は、分子という構成単位をもち、それらがファンデアワールス力で結合した分子結晶であることにある。この点を踏まえた上で、無機材料で培われた系統的な薄膜研究を進めることが急務である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、液滴モデルに基づいた‘分子ぬれ性’に着目して、原子レベルで層構造

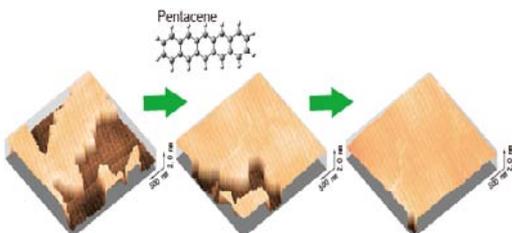
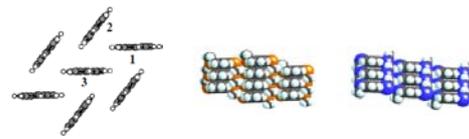


図2 コンビナトリアル手法によって観察されたペンタセンが0.5分子層から1分子層まで形成される様子。



Herring Bone構造 π-π stacking構造

図3 分子材料の代表的な分子結晶の構造

制御することにより、薄膜形成時のマイグレーションを制御し、高品質・高結晶性の有機・バイオ薄膜を得ることにある。

3. 研究の方法

図1に液滴モデルに基づく“分子ぬれ性”の概念図を示す。基板と相互作用、分子間の相互作用を考える事によって、分子が基板に対して“濡れる”かどうかを予測することができ、バッファーなどによって、薄膜モフォロジーを制御することが可能になる。

分子のぬれ性制御には、具体的にはペンタセン単分子層を用いることで制御できることがわかっており、これをベースにして研究を進める。ペンタセンの単分子薄膜は図2に示すように非常に均質で平滑なモフォロジーをもつことが知られており、これまでにC₆₀薄膜やルブレネ薄膜について、結晶性(X線・RHEED)・電気特性が劇的に変化することをわかってきている。しかし、ほぼ無数にある有機分子材料について、単分子バッファ層による分子ぬれ性制御がどれだけ適用可能であるか不明である。本研究課題では、分子ぬれ性についてさらに多くの有機・バイオ材料、特にπ共役系でない材料系でも適用可能であるかどうかを調べ、普遍的な機構解明を進めることを中心に研究を進めた。

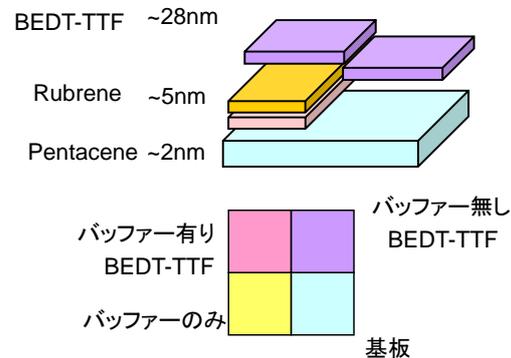


図4 コンビナトリアル手法を用いたバッファ層構造の作製

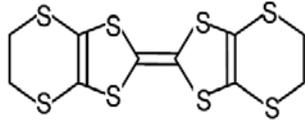


図5 Bis(ethylenedithia) tetrathiafulvalene;
BEDT-TTF の分子構造

バッファ層の効果をより明確に調べるために、図4に示すようなバッファ層をコンビナトリアル的に作製して、バッファ層の有無によって、モフォロジーの違いを議論する事によって、バッファの違いやパッチ間のバラツキを排除できるようにした。

4. 研究成果

図5に示すようなBis(ethylenedithia) tetrathiafulvalene; BEDT-TTFに着目してバッファ層による制御を試みた。BEDT-TTFは有機超伝導体の構成分子としてよく知られており、高い電子活性が期待される分子であるが、ロッド状の成長をしやすい。図3で示すように、 π - π スタッキング構造をとっているためと考えられる。このため、トランジスタなどの電子デバイスへの応用が難しい状況である。そこで、ペンタセンバッファのみや、ペンタセン-ルブレンのヘテロバッファの条件をコンビナトリアル手法を用いて系統的に作製を行い、原子間力顕微鏡で薄膜モフォロジーを評価した。ペンタセン-ルブレンのヘテロバッファを用いることによって、ナノロッドの成長を抑制されていることを見出した(図6)。平均粒径は、バッファの有無で 0.045 um^2 から 0.067 um^2 に増加した。

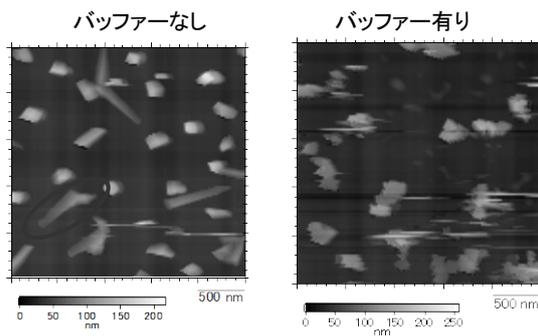


図6 ペンタセン-ルブレンヘテロバッファ層の有無による BEDT-TTF 薄膜のモフォロジーの違い。基板としてc面サファイアを用いた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

① M. Ohtomo、K. Itaka、T. Hasegawa、T. Shimada, "Strong Pressure Effect in the Sublimation from Tetracene Single Crystals and Development of Surface Cleaning Technique for Organic Semiconductors", Applied Physics Express 査読有、482, (2011) 021601

② 伊高健治、分子性材料薄膜成長中の RHEED 強度振動, 日本結晶成長学会誌, 査読有, 35,(2008) 249-254

[学会発表] (計3件)

①伊高健治、鯉沼秀臣、"液滴モデルに基づいた有機薄膜の成長モード制御", 応用物理学会 2010 年度春季大会, 2010/3/19, 東海大学

② 伊藤清太郎、伊高健治、川嶋一裕、鯉沼秀臣、赤外線レーザーMBE法による 2, 3-diaminopropionic acid の製膜とその構造 応用物理学会 2009 年度秋季大会, 2009/9/11, 富山大学

③ 伊高健治、赤外線 YAG パルスレーザを用いたコンビナトリアル金属電極の作製, 応用物理学会 2008 年秋季学術講演会 2008 年9月2日, 中部大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織
(1) 研究代表者

伊高 健治 (ITAKA KENJI)
弘前大学・北日本新エネルギー研究所・准教授

研究者番号：40422399

(2) 研究分担者
なし

(3) 連携研究者
なし