

プロセスと材料

溶液プロセスによる有機半導体デバイスの作製

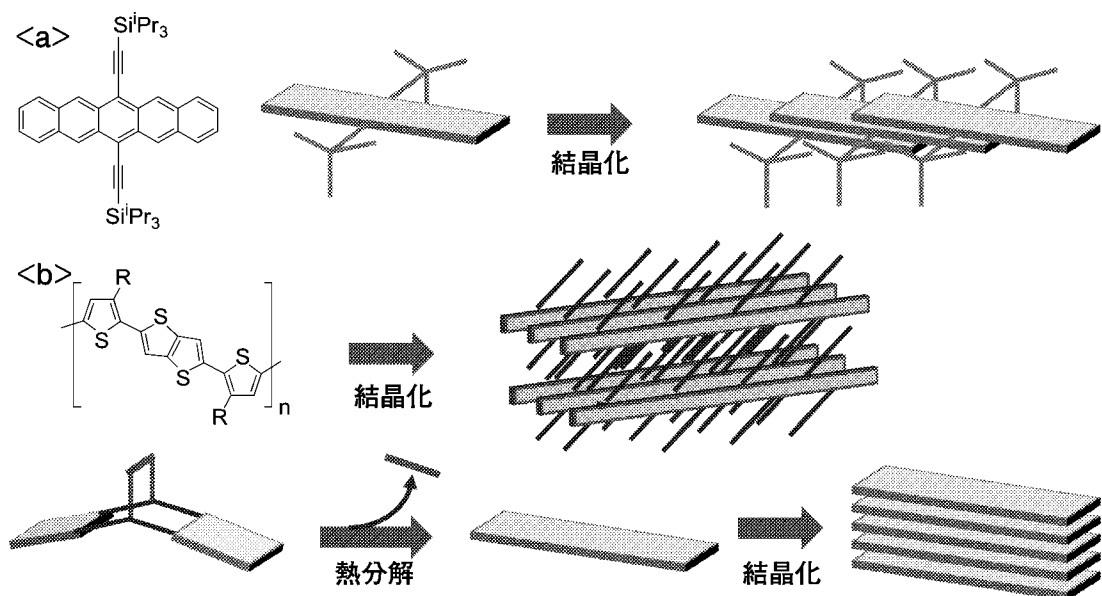


図2 <a> 可溶性ペンタセンと結晶化の模式図 共役高分子の凝集状態の模式図 <c> プレカーサー法の模式図

半導体インク、導体インク、絶縁体インクをつめたインクヘッド

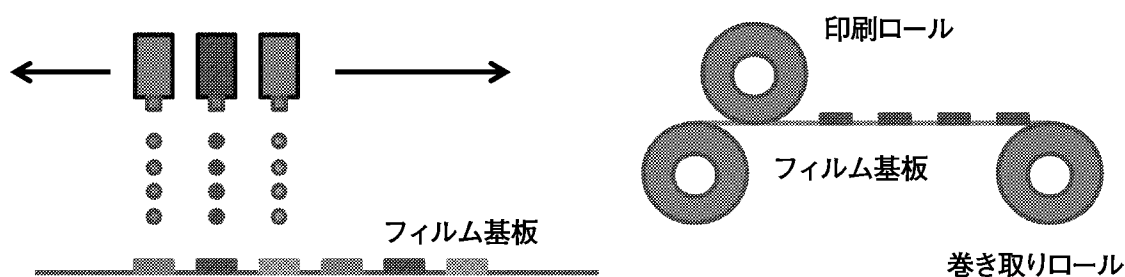


図3 <a> インクジェット法の模式図 ロール・ツー・ロールプロセスの模式図

有機半導体デバイスの開発は、材料の開発と並んで、プロセス技術の開発が重要である。現在、ほとんどの有機電子デバイスは真空プロセスによって作製されているが、溶液プロセス適用可能な新規材料の開発が進むに並行して、印刷技術を用いた有機半導体デバイス作製に適用しようという、プリンタブルエレクトロニクス研究が盛んになりつつある。

従来、有機薄膜の作製にはスピンコート法が主に用いられていた。スピンコート法では基板に有機物の溶液を載せて高速回転させる。高分子材料の場合には、均一性の良い薄膜が簡単に得られるが、粘性の低い低分子系の材料では、作製条件の調整が難しい。また、大面積のフィルムの上に薄い薄膜を作製することは困難である。さらに、基板の上に薄膜として塗布され

た有機半導体インクを射出した後、結晶化を促進するインクを重ね塗りすることにより、有機半導体結晶をインクジェットで作製する方法が開発された。生産性をさらに向上させるには、通常の印刷プロセスで行われているように、ロール状に巻いたフィルム上に、インクを用いて印刷し、その後、フィルムを巻き取って次のプロセスに移る、ロール・ツー・ロール法が有効である(図3)。可溶性有機半導体インクとして、高分子基板の上に印刷する技術が現在盛んに検討されている。

今後、ナノメートルスケールの分子凝集構造の制御を主眼とした材料開発と、印刷技術を開発したプロセス技術の開発が両輪となつてこの分野を推し進めていくのと思われ、分子の自己組織化による超構造の形成や分子認識など、有機機能性材料は多くの可能性を秘めている。今後の飛躍的な発展が期待できる分野である。

シリコンや化合物半導体などの無機半導体とは異なり、有機半導体は分子が弱い分子間力で凝集した状態であるため、分子軌道の重なりを介したホッピング伝導と呼ばれるメカニズムで電気伝導が進行するので、電子や正孔(キャリア)の移動度は低くなる。

無機半導体を用いた電子デバイス作製には真空プロセスが用いられている。適切な分子構造を持つ有機半導体は溶液プロセスによって薄膜化できるため、デバイス作製

は、分子が密に凝集することが高めるには非平面構造の分子や高い置換基を導入(軌道の重なりが大きくなり、キャリア移動度は低下する。分子間の晶性薄膜が高いキャリア移動度を示すため、FETへの応用が検討されている)。

有機半導体への溶解性を高めるには、分子設計が重要となる。ベンタセンなどの多環式芳香族化合物は真空蒸着法により作製した結晶性薄膜が高いキャリア移動度を示すため、FETへの応用が検討されている。

ベンタセンにアセチレンを介して高い置換基を導入すると、キャリア移動度を低下させることなく有機溶媒に対する溶解性を高めることができる(図2<a>)。

現在、さまざまな可溶性の多環式芳香族化合物の合成が検討されている(図2<a>)。

前駆体分子は非平面構造であるため、溶媒に溶け、これをコーティングして薄膜を作製し、その後、熱処理する。前駆体分子が分解して、平面状の分子に変化し、結晶性の薄膜が形成される。

分子に側方置換基としてアルキル鎖を導入すると、有機溶媒に対する溶解性を高めると同時に、アルキル鎖同士の相互作用により、結晶化が促進される(図2)。

高いキャリア移動度を有する高分子薄膜を作製することができ、FET、電界発光素子、太陽電池への応用が検討されている。

現段階ではキャリア移動度は、低分子芳香族化合物に比べて1桁程度低い。柔軟性を利用したフレキシブルデバイスへの応用は有望である。

多環式芳香族化合物の平面分子に比べて、非平面分子に比べて、有機溶媒に対する溶解性が高い。そこで、加熱することにより分子の一部が脱離して平面構造になるような、非平面構造の前駆体(プレカーサー)分子の利用が検討されている。

前駆体分子は非平面構造であるため、溶媒に溶け、これをコーティングして薄膜を作製し、その後、熱処理する。前駆体分子が分解して、平面状の分子に変化し、結晶性の薄膜が形成される。

分子に側方置換基としてアルキル鎖を導入すると、有機溶媒に対する溶解性を高めると同時に、アルキル鎖同士の相互作用により、結晶化が促進される(図2)。

有機半導体の特徴

近年、有機半導体の高性能化が進んでいる。有機電界発光素子が一部実用化され、有機半導体電界効果トランジスタ(FET)、ICタグ、有機薄膜太陽電池の研究が急速に進んでいる。有機半導体は無機半導体に比べてキャリア移動度や耐久性には劣るものの、溶液プロセスによるデバイス作製ができるため、デバイス製造プロセスを低コスト化できる。また、フレキシブルデバイスの作製や軽量化が可能である。将来的には、分子凝集構造のナノ構造制御によって、より高度な機能を持った電子デバイスの実現が期待される。

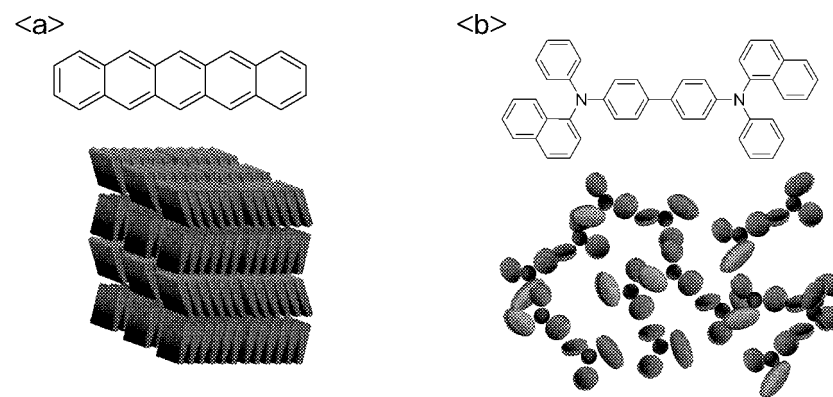


図1 代表的な有機半導体の分子構造と凝集構造の模式図
<a> 平面構造を有するペンタセンは、分子が積み重なって結晶化する。
 非平面構造を有するトリフェニルアミン誘導体はアモルファス固体となる。

相互作用が強すぎるため、有機溶媒にほとんど溶解せず、デバイス作製には、真空蒸着法などの真空プロセスが必要となる(図1<a>)。

それに対して、ペンダント形分子やトリフェニルアミン誘導体は結晶化せず、ガラス状のアモルファス固体を形成しやすい(図1)。このような凝集状態では分子軌道の重なりが大きくならないため、キャリア移動度は低くなる。しかし、結晶に比べて均質な薄膜を作製することができ、溶液プロセスによるデバイス作製も可能である。

そのため、高速応答が必要とされるFETには結晶性の有機半導体を使用され、薄膜の均質性が重要となる電界発光素子には有機アモルファス半導体が主に用いられている。

現在、さまざまな可溶性の多環式芳香族化合物の合成が検討されている(図2<a>)。

前駆体分子は非平面構造であるため、溶媒に溶け、これをコーティングして薄膜を作製し、その後、熱処理する。前駆体分子が分解して、平面状の分子に変化し、結晶性の薄膜が形成される。

分子に側方置換基としてアルキル鎖を導入すると、有機溶媒に対する溶解性を高めると同時に、アルキル鎖同士の相互作用により、結晶化が促進される(図2)。

高いキャリア移動度を有する高分子薄膜を作製することができ、FET、電界発光素子、太陽電池への応用が検討されている。

現段階ではキャリア移動度は、低分子芳香族化合物に比べて1桁程度低い。柔軟性を利用したフレキシブルデバイスへの応用は有望である。

半導体産業

Advertisement for Amazing Chemicals. The image shows a globe with various chemical structures and icons representing different capabilities: Management Reformist power, Product Creativity, R&D Capabilities, Manufacturing technique Development power, and Product Development power. The text "Confidence to Create" is written across the globe. Below the globe, the text "Amazing Chemicals" is written in a large, stylized font.

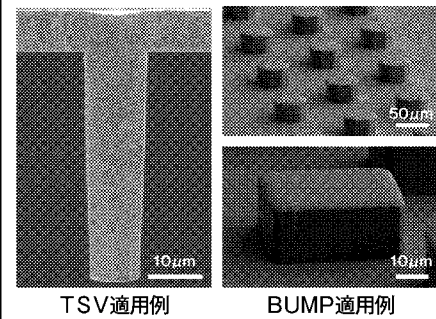
ADEKAの半導体材料

New Precursor

薄膜形成材料として開発。	
Aluminum Precursor	「アデカオルセラ ALNP-1」 b.p.: 45°C (1 Torr) Viscosity: 1.8mPa・s (25°C)
Hafnium Precursor	「アデカオルセラ H-4100」 b.p.: 92°C (1 Torr) Viscosity: 10.8mPa・s (20°C)
Cobalt Precursor	「アデカオルセラ Co-4200」 b.p.: 132°C (1 Torr) Thermal Stability: 200°C (1h)
Nickel Precursor	「アデカオルセラ N-4000」 b.p.: 105°C (1 Torr) Thermal Stability: 140°C (1h)

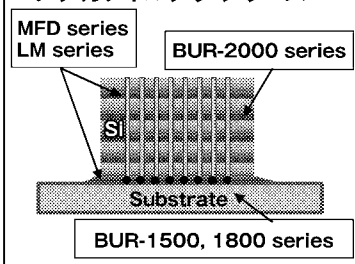
半導体用銅めっき液

めっき時間の短縮化を実現。様々なアスペクト比に対応しためっき液を開発中。



TSV用接着剤

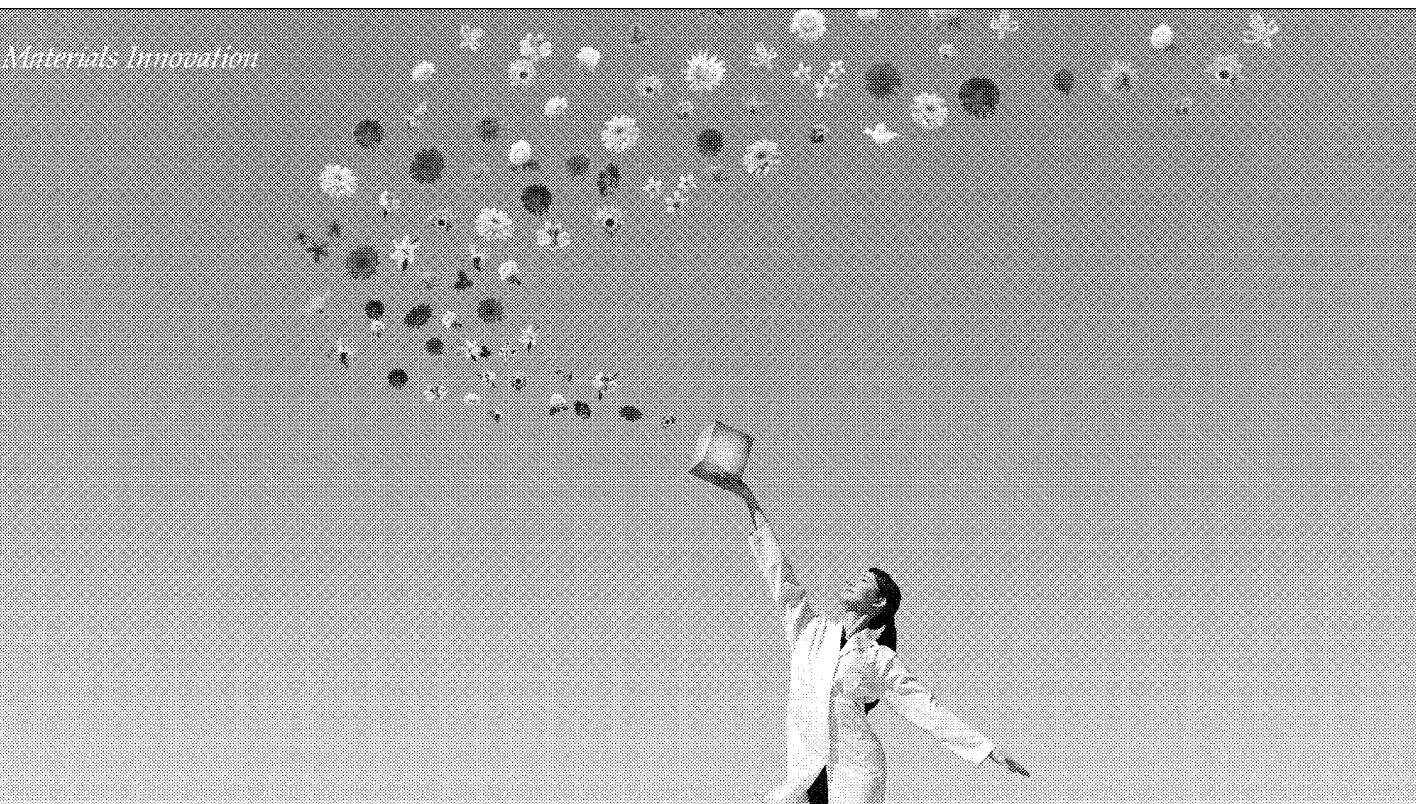
液状製品からシート製品まで対応。高接着性、弾性率制御、低誘電特性を強みとする。



お問合せ先
株式会社 ADEKA <http://www.adeka.co.jp>
本社 〒116-8554 東京都荒川区東尾久7-2-35 TEL (03) 4455-2837
大阪支社 TEL (06) 6245-3010 / 名古屋支社 TEL (052) 582-7754 / 電子材料開発研究所 TEL (03) 4455-2905 (代)

ADEKA 検索

ADEKA
Amazing Chemicals



あしたの世界へ、つぎつぎと。

タイヤ素材、半導体素材、液晶素材だけではなく、精密加工、メディカル材料、環境エネルギーの分野まで。

私たちはマテリアルで、社会に広く貢献していきます。

JSRの、あたらしい挑戦にご期待ください。

可能にする、化学を。

JSR株式会社
<http://www.jsr.co.jp>

