

No. 7 チオフェン系有機半導体材料の開発

背景

有機半導体は、軽量化、大面積化、フレキシブル化及び印刷が可能などの特徴から、電子ペーパーやフレキシブル・ディスプレイなどのユニークな用途が拓けると期待されています。性能（キャリア移動度）ではペンタセン（HOMO レベルが -4.6 eV ）のような縮合環化合物が優れていますが、酸化されやすく安定性に不安があります。我々は、安定性に優れる（チオフェン/フェニレン）コオリゴマー（TPCO）を開発材料に選択し、溶液プロセスでの使用（インクジェットによる印刷等）を目標に、溶解性に優れる有機半導体材料の開発に取り組みました。

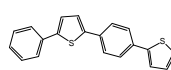
成果

基本骨格に比較的溶解性に優れる AC4（4.4wt%）を選択し、溶解性を向上させるため末端にヘキシル基を導入しました。ヘキシル基の導入は、分子の非対称を増して溶解性を向上させる目的から片側のみとし、AC4-10Hx を新規に合成して溶解性を向上させることに成功しました（7.1wt%）。本材料は HOMO レベルが -5.6 eV と深く安定性の高いものであります。

この材料を用いて溶液プロセスであるキャスト法により電界効果型トランジスタ（FET）を作製し、キャリア移動度を測定したところ、 $10^{-2}\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ という比較的高い性能を得ることができました。さらに、キャスト法により得られる薄膜はミリメートルオーダーと大きく、配向性の高いもの（X線回折で確認）でありました。この結果は、さらなる性能の向上およびデバイスの大面積化の可能性を示唆しています。

基本材料の特性

Color : Pale Yellow
Melting Point : 233°C
Solubility : 4.4wt%(THF, r.t.)
Mobility : $10^{-2}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ (蒸着)

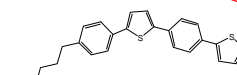


AC4

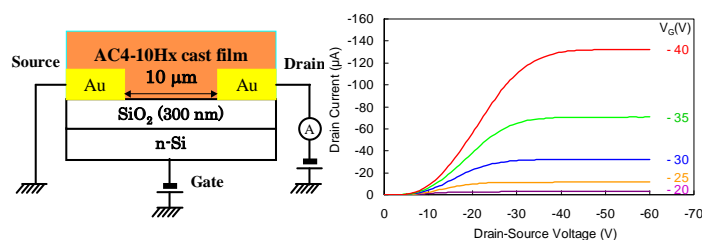
ヘキシル基導入により
溶解度、移動度が向上

開発材料の特性

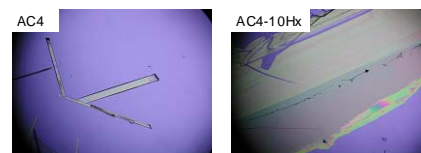
Color : Pale Yellow
Melting Point : 221°C
Solubility : 7.1wt%(THF, r.t.)
Mobility : $10^{-2}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ (キャスト)



AC4-10Hx



ボトムコンタクト型デバイスの概要及び FET の I-V 特性図



キャスト膜の顕微鏡写真

研究者からのコメント

今後は、さらなる性能の向上を図り、電子ペーパー及びディスプレイ駆動用の薄膜トランジスタへの応用を目指したいと考えています。

応用分野：電子ペーパー及びディスプレイ駆動用の薄膜トランジスタ

研究体制：H22 経常研究（住友精化株、京都工芸繊維大学堀田研究室と共同開発）

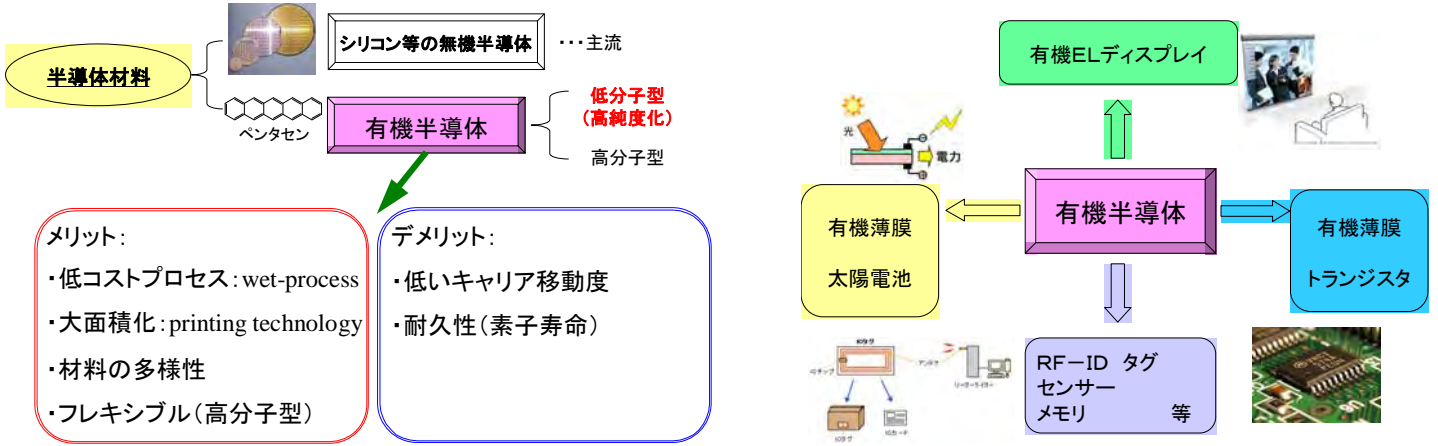
担当部所：材料技術部

担当者：平瀬龍二

特許取得・成果発表：特願 2008-278300（住友精化株、京都工芸繊維大学）

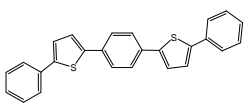
キーワード：（チオフェン/フェニレン）コオリゴマー、有機半導体、溶液プロセス

有機半導体材料の特徴および用途



研究対象材料であるTPCOの特徴および目標性能

(チオフェン/フェニレン)コオリゴマー(TPCO)



TPCOの一例

メリット:優れた性能(高いもので約 $1\text{cm}^2/\text{Vs}$)
優れた安定性
組合せと配列による材料の多様性
特異な光電子特性

デメリット:低い溶解性

Wet Process(インクジェット印刷や塗布法)で
使用可能な有機半導体(TPCO)を開発する。

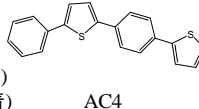
目標性能

溶解性: $1\text{wt}\%$ (最低 $0.1\text{wt}\%$)
キャリア移動度: $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ (最低 $10^{-2}\text{cm}^2/\text{Vs}$)

結果

基本材料の特性

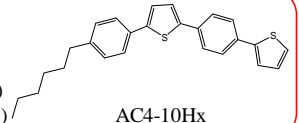
Color : Pale Yellow
Melting Point : 233°C
Solubility : $4.4\text{wt}\%$ (THF, r.t.)
Mobility : $10^{-6}\text{cm}^2/\text{Vs}$ (蒸着)



ヘキシル基導入により
溶解度、移動度が向上

開発材料の特性

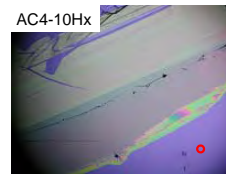
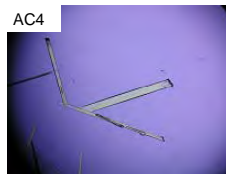
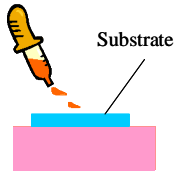
Color : Pale Yellow
Melting Point : 221°C
Solubility : $7.1\text{wt}\%$ (THF, r.t.)
Mobility : $10^{-4}\text{cm}^2/\text{Vs}$ (蒸着)



Wet Process(キャスト法)によるデバイス作製

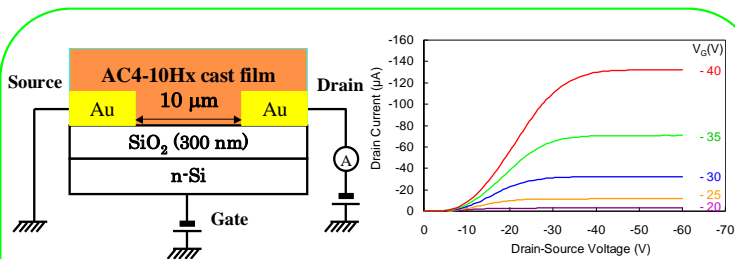
キャスト条件

材料濃度: $0.1\text{wt}\%$
溶媒: モノクロロベンゼン
基板処理: HMDS
基板温度: 室温



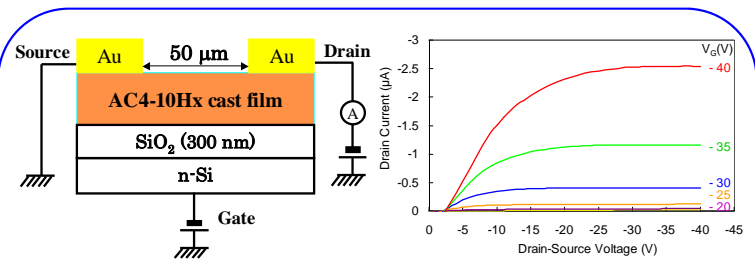
1mm

ヘキシル基導入により
フィルム状薄膜を形成



ボトムコンタクト型デバイスの概要及びFETのI-V特性図

溶媒: トルエン、基板処理: HMDS
チャンネル長: $10\mu\text{m}$ 、チャンネル幅: $65\mu\text{m}$
キャリア移動度: $1.0 \times 10^{-2}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、閾値電圧: -21.4V



トップコンタクト型デバイスの概要及びFETのI-V特性図

溶媒: トルエン、基板処理: Phenyltriethoxysilane
チャンネル長: $50\mu\text{m}$ 、チャンネル幅: 2mm
キャリア移動度: $4.0 \times 10^{-2}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 、閾値電圧: -23.5V

Wet Processにより作製したデバイスにおいて、 $10^{-2}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上の移動度を達成