

## 有機トランジスタ内の微結晶粒界を評価する フレキシブルデバイスの研究開発を加速



松井 弘之

まつい ひろゆき

matsui.hiroyuki@aist.go.jp

フレキシブルエレクトロニクス  
研究センター  
フレキシブル有機半導体チーム  
研究員  
(つくばセンター)

有機半導体素子の特性を磁気共鳴や分光学の視点からとらえることにより、これまでの方法では不可能だったキャリアの微視的情報を得るための研究に従事しています。これらの研究を通じて、有機半導体を利用した情報通信端末機器の研究開発の基礎を構築するとともに、その高性能化・標準化・品質管理のための新規評価手法の開発を目指しています。

### 関連情報：

- 参考文献

H. Matsui *et al.*: *Phys. Rev. B* 85, 035308 (2012).

- 共同研究者

熊木 大介、時任 静士 (山形大学)、高橋 永次 (住化分析センター)、瀧宮 和男 (広島大学)、長谷川 達生 (産総研)

- 用語説明

\*有機トランジスタ：有機半導体をチャンネル部分に用いた電界効果型トランジスタ。

\*\*電子スピン共鳴(Electron Spin Resonance) 法：電子に磁場を加えると上向きスピンと下向きスピンのエネルギーは同じでなくなり、このエネルギー差に相当した電磁波を吸収する。この現象を用いて電子の挙動を調べる手法。

- プレス発表

2012年2月15日「有機トランジスタ内の微結晶粒界を評価する技術を開発」

●この研究開発は、独立行政法人 科学技術振興機構の「戦略的イノベーション創出推進プログラム」による受託、および総合科学技術会議により制度設計された独立行政法人 日本学術振興会による「最先端研究開発支援プログラム」の助成を受けて行っています。

### ポテンシャル障壁の重要性

近年、有機トランジスタ\*は、軽い・薄い・落としても壊れないという特徴を備えた情報通信端末機器(フレキシブルデバイス)のための基本素子として期待されています。有機トランジスタの核となる有機半導体層は、通常、数十ナノメートルから数マイクロメートルの大きさをもつ微小な結晶の集まり(多結晶)で構成されています。半導体層内では、キャリアは微結晶内部の伝導と微結晶粒界の飛び移りを繰り返しながら移動しているので、有機トランジスタの性能や信頼性を向上するためには、微結晶粒界のポテンシャル障壁を評価・解析することが不可欠です。

### 電子スピンを利用した評価・解析法

私たちのグループではこれまで、有機トランジスタ内のキャリアの動きを電子スピン共鳴(ESR)法\*\*により調べる研究を進めてきました。今回私たちは、ESR法を用いて、多数の微結晶からなる有機半導体層内の微結晶内部と微結晶粒界のキャリア輸送を分離して評価する手法を開発しました。

今回用いた有機トランジスタは、プラスチックフィルムなどの基板上にゲート構造と有機半導体層を積層して作製しました。有機半導体層内では、平板状の微結晶がすべて基板に平行と

なるように配列しています。基板に対して垂直な磁場をかけた場合(図1(左))には、どの微結晶に対しても磁場は同等にかかるため、温度によらず一つのピークのみからなるESRスペクトルが得られます(図2(a))。一方、基板に対して平行な磁場をかけた場合(図1(右))には、微結晶ごとに磁場の向きが異なります。実際、低温でESRスペクトルを測定すると、二つのピークに分裂した形状が得られました(図2(b))。

さらに、この分裂したピークが、温度が上昇するとともに一つのピークに収束する様子が見られました。この現象は、半導体層内のキャリアが高温で微結晶間を飛び移れるようになり、微結晶ごとのESRスペクトルが平均化される効果によって生じたものと考えられます。この温度によるESRスペクトルの変化を詳しく解析することにより、微結晶粒界間のポテンシャル障壁の高さが評価できました。

### 今後の予定

この手法をさまざまな材料や方法を用いて作製した有機デバイスに適用することにより、それぞれの素子で性能を律速している要因を明らかにし、これをもとに有機トランジスタの性能を最大限に引き出すための界面制御技術の開発を進めていく計画です。

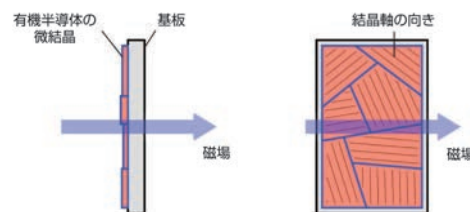


図1 基板に対して磁場を(左)垂直、および(右)平行に加えた場合の模式図

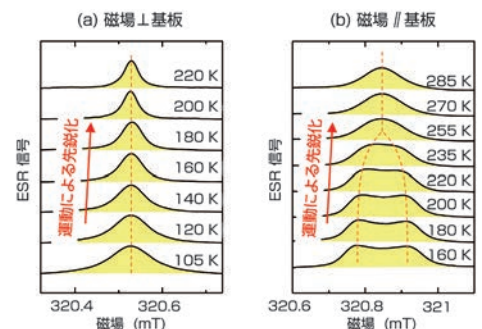


図2 基板に対して磁場を(a)垂直および(b)平行な向きにして測定したESRスペクトル