山雄 健史 教授

お問合せ先
corc@kit.ac.jp
産学公連携推進センター

結晶成長とデバイス応用
きれいな端面をもつ有機半導体結晶の液相成長方法

■キーワード
有機半導体オリゴマー結晶　光電子デバイス　偏光発光　レーザー発振
高移動度トランジスター

■研究の概要

有機半導体分子が規則的に配列している結晶では、電荷輸送特性や発光特性などの物性に異方性が現れます。図1に示すように、分子の規則性に起因して、物性値の特定方向への増強効果も期待されます。これは有機半導体結晶が光・電子デバイス材料として高い可能性をもつことを示しています。我々のグループでは、有機半導体結晶による高性能なオプトエレクトロニクス・デバイスの実現を目的に、基板上に良質な有機半導体結晶を直接成長できる液相結晶成長法を開発してきました。これらの有機結晶を用いて、レーザー素子や高速トランジスターの開発を進めてきました。

■研究・技術のプロセス／研究事例

図2は、液相での有機半導体結晶の成長装置を模式的に示したものです。従来の液相結晶成長法との相違点は、①放熱板に結晶が成長する基板が取り付けられていること、②溶液中に溶け残った材料があること、③溶液に一定の温度勾配をつけて保っておくこと、の３点です。これにより従来法では結晶成長が困難であった溶媒に溶けにくい材料に対しても液相法での結晶成長法が適用できるようになりました。

この方法で成長した有機半導体結晶の写真を図3(a)に示します。特徴的な六角形をしていることがわかります。この形状は有機半導体の結晶構造を反映しており、結晶構造解析により格子定数が判っているものは、角度を比較することで結晶軸を同定することも容易です。この方法で成長した結晶は、厚さも均一です。

図3(b)は、この結晶の蛍光顕微鏡写真です。結晶の中心部は暗いのに対し、結晶端面からのみ明るい発光が観測されています。これは結晶内部で起きた発光が結晶内を導波し、結晶の端面から放射されるためで、結晶内部に光学レベルの欠陥が無いことを示しています。また先述のように結晶端面が結晶構造を反映した平面を形成するため、それが鏡となって光が結晶内部に強く閉じ込められることになります。このような顕著な光学的特長により、液相成長させた結晶において、光励起によるレーザー発振が観測されています。

この他、この方法で成長した結晶から偏光発光が観測され、結晶を用いたデバイスでは高い移動度が達成されています。

図１　分子が規則的に並んだ有機結晶における信号の増幅効果の模式図

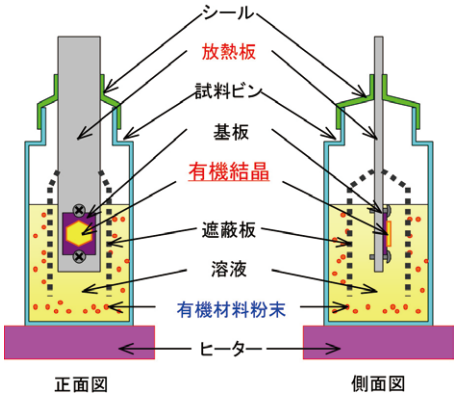

図２　液相による有機半導体結晶成長装置の模式図

Adapted with permission from T. Yamao, T. Miki, H. Akagami, Y. Nishimoto, S. Ota, and S. Hotta, "Direct Formation of Thin Single Crystals of Organic Semiconductors onto a Substrate," *Chem. Mater.*, 2007, **19(15)**, 3748–3753. Copyright 2007 American Chemical Society.

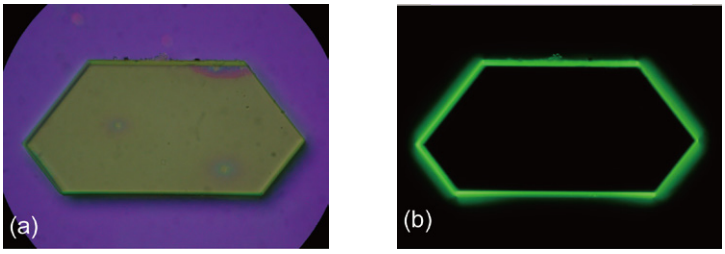

図３　液相成長した有機半導体結晶の (a) 顕微鏡写真と (b) 蛍光顕微鏡写真

■セールスポイント

この液相成長法は様々な材料に適用可能です。基板上に直接結晶が成長するので、その後のデバイス作製が容易になります。結晶成長時に溶媒を気化させないので、溶媒の回収が不要な経済的な方法です。

特許情報　特許第4982845号