

## 第26回青葉工学研究奨励賞



## 自己組織化現象を活用した分子配向デバイスの先駆的機能創出

東北大学大学院工学研究科  
電子工学専攻  
助教 柴田陽生

柔らかさを持つ有機材料で構成するデバイスは、曲げや巻き取り等の様々な変形に対応できるため、デバイスの付加価値や利便性が高まることが期待されている。その一例として、ディスプレイパネルの柔軟化が、人体や衣類に装着可能なウェアラブル端末の開発や、巻き取って収納・運搬ができる大型ディスプレイの開発が可能となる。有機材料の魅力は、塗料のように加工して対象物に塗れる点も挙げられる。この有機材料の可溶性は、ロール状のフィルムを巻き取りながら印刷技術等を駆使するデバイス製造に適合するために、将来のデバイス製造技術の革新に至る可能性がある。

塗布工程による有機デバイスや機能性フィルムの実現に向けた研究の中で、有機分子を規則的に並べる（配向）を目的とする事例が多い。これは、有機分子の持つ機能性が、分子の方向によって異なることに起因している。すなわち、分子配向の制御は有機材料の機能を最大限に引き出し、信頼性の高い製品を実現する。このため理想的には、単結晶性有機固体の成長方位を自在に制御できることが望ましい。しかし、単に溶液を塗る工程で理想を達成することは一般に困難である。例えば、単結晶性の有機薄膜を基板に堆積しようとした場合、複数の結晶成長の起点に対して順次分子が供給されるが、隣り合う結晶粒の間で成長が競合し、やがて分子の並びが不規則な欠陥が生じる。これは固体型の有機分子が持つ非常に強固な分子間力が働くために起こるものと考えられる。

そこで本研究では、図1に示すように、液体状態でも分子が自発的に並ぶことのできる「液晶」の性質を活用した塗布工程に取り組んできた。液晶は結晶性固体に比べ緩和された分子間力で秩序を維持していると言えるため、上手に活用することで有機エレクトロニクスの基本技術として有用性があるのではないかと考えた。

実際に筆者は、薄膜化が困難であった有機半導体材料系に対して、液晶性を持った材料に注目し、溶液をブレードで一軸方向に掃引しながら薄膜を形成する手法に着手した [1]。その結果、薄膜化および液晶性の効果による2次元分子配列を達成した。そこで、液晶を溶媒として用いた有機半導体単結晶の成長に取り組んだ (図2)。溶媒として使用する液晶分子が向く方位は、ポリイミドと呼ばれる高分子の薄膜の表面配列を物理的に予めこするだけで制御できる。種々の光学的測定結果を解析したところ、溶液塗布後に基板上で析出した各結晶片は単結晶であることを明確化しており、その単結晶のある一つの軸が、液晶の配向方位に対して揃う効果を見

出した [2]。この効果は半導体素子間のばらつきを抑制することにつながるため、数多くのトランジスタを使う電子回路 (例.ディスプレイ画素駆動用のトランジスタアレイなど) の信頼性向上に有用であると考えられる。

液晶性の活用は、ディスプレイ部材としての出口だけでなく、機能性有機分子の配向制御に自由度を与えることが分かってきた。このため、筆者は固体型の蛍光色素分子の配向制御を液晶性高分子によって実現し、作物の光合成を効率的に行うための光機能性フィルムの開発を進め、固体発光効率を改善する効果を確認している [3]。有機エレクトロニクスだけでなく、幅広い分野への展開性が期待できる液晶性を基軸として、更なる有機分子配向による新機能の探求に挑んでゆきたい。

最後に、栄誉ある賞を頂戴するにあたり、藤掛・石鍋研究室の先生方と学生の皆様をはじめ、ご支援を頂いた多くの方々へ御礼申し上げます。

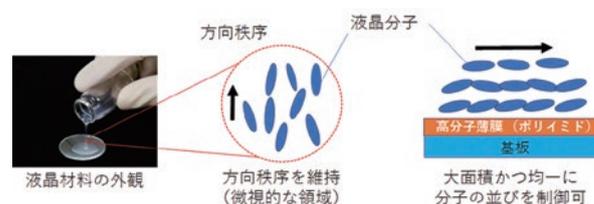


図1 液晶性の概要

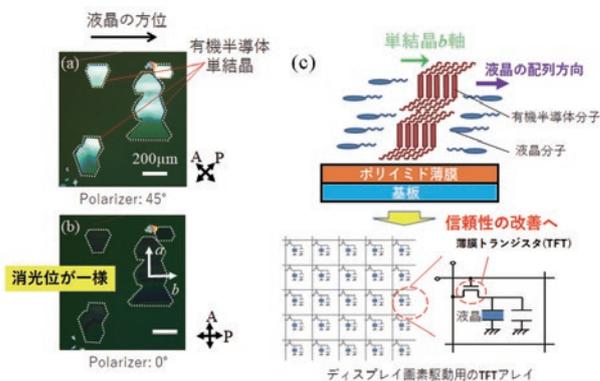


図2 液晶溶媒中における有機単結晶成長 (a,b)偏光顕微鏡像 (c)単結晶方位制御の概要

## References

- [1] Y. Shibata et al. *Adv. Electron. Mater.* (2017) 1700097.  
[2] Y. Shibata et al. *J. Cryst. Growth.* 492 (2018)98-104.  
[3] Y. Shibata et al. *ITE Trans. MTA*, 9 (2021) 203-209.