

真空プロセスにおける液体・液晶を活用した有機薄膜成長と配向制御

丸山伸伍

東北大学 工学研究科

真空蒸着法は、クリーンで複雑な異種材料の積層を容易に実現できるなどの、現代の有機エレクトロニクスを支える重要な薄膜作製技術である。しかし、一般的な真空蒸着法における薄膜結晶成長は、気相から基板上に吸着した分子の表面拡散と、その過程で確率的に出会った分子の凝集による核形成および成長に基づいている。これらの過程は基板温度と蒸着速度といった有機薄膜成長の基本的な実験パラメータで制御できるものの、実用的な成長条件における有機分子の表面拡散や結晶核間の距離は数 μm のオーダーのため、それ以上の大きさの結晶粒を得ることは難しい。また、有機結晶は物性の異方性が大きいため、薄膜化における配向制御はデバイスなどへの応用の観点から重要である。

そこで我々は真空プロセスにおいて、溶液や液晶状態を経由した薄膜形成手法を取り入れ、より大きく、配向制御された高品質な有機結晶薄膜を作製する技術の開発を行ってきた。具体的な方法のひとつとして、真空でも揮発しない電解質として知られるイオン液体を塗布した基板に原料を真空蒸着することで、真空中で溶液成長を行う方法を提案した。この方法はペンタセン²⁾などの有機半導体材料や、アルカリハライド塩³⁾、有機イオン性柔粘性結晶⁴⁾などに適用され、大きな結晶粒が得られるだけでなく、溶液や液晶状態を経由することで、通常真空蒸着では得られない結晶多形や配向を得られるケースがあることが分かってきた。もうひとつの方法として、液晶相を持つ有機材料を真空蒸着によって薄膜化した後、ポストアニールにより液晶状態を経由して結晶化させる方法にも取り組んでいる。この方法は、イオン液晶⁵⁾や液晶性有機半導体⁶⁾などに適用され、ポストアニール時に基板内の温度勾配を制御することで、真空蒸着膜でも後処理によって mm スケールの比較的大きな結晶ドメインを得ることができるようになった。講演では、これら2つの方法について実施例を紹介し、それらの手法の有効性を議論する。

謝辞

本講演の内容は、東北大学工学研究科応用化学専攻松本研究室にて行われた成果に基づいています。関係各位に感謝いたします。

参考文献

- 1) S. Pratontep, M. Brinkmann, F. Nüesch and L. Zuppiroli, *Phys. Rev. B* 69, 165201 (2004).
- 2) Y. Takeyama, S. Maruyama and Y. Matsumoto, *Crys. Growth Des.* 11, 2273 (2011).
- 3) M. Yamauchi, S. Maruyama, N. Ohashi, K. Toyabe and Y. Matsumoto, *CrystEngComm* 18, 3399 (2016).
- 4) Y. Matsuoka, S. Maruyama, K. Kaminaga and Y. Matsumoto, *ECS J. Solid State Sci. Technol.* 12, 074006 (2023).
- 5) H. Komatsu, M. Tanaka, K. Kaminaga, S. Maruyama and Y. Matsumoto, *Chem. Lett.* 51, 162 (2022).
- 6) K. Tsujita, S. Maruyama, Y. Shibata, T. Koganezawa, K. Kaminaga, H. Fujikake and Y. Matsumoto, *CrystEngComm* 25, 64 (2023).