

超異方性ナノシリンダー構造形成・転写過程のX線散乱 - 分光同時評価とダイナミクス

彌田 智一 (東京工業大学・資源化学研究所・教授)

【研究の概要等】

お互いに溶け合わない高分子を結合したブロック共重合体は、数十ナノメートル周期の球状、棒状(シリンダー)、層状のマイクロ相分離構造を形成します。これは、ボトムアップ型のナノ構造構築の有力な方法として期待されていますが、ナノ構造の規則性、配向制御、寸法制御、そして量産性など多くの課題を残しています。私たちは、親水性高分子と疎水性高分子から構成されるブロック共重合体を100程度で数時間加熱処理すると、数ナノメートル径の親水性のシリンダードメインが数十ナノメートル周期で規則正しく六方格子に配列したナノ相分離構造を形成することを見いだしました。さらに、この世界最高品位のナノ規則構造は、ロール型ペットフィルムの表面に大面積に連続製膜した薄膜にも一様に形成することを確認し、従来のマイクロ相分離構造では不可能であった工学的利用の可能性が出てきました。

本研究では、私たちが開発したブロック共重合体のナノ規則構造を形成するメカニズムを解明して、分子設計の一般則を解明することを目的としています。特に、材料作製とナノ構造評価を車の両輪にして効率よくフィードバックするために、実験室で利用できる薄膜小角X線散乱-分光同時測定システムを開発します。本研究は、前半で世界最高品位のナノ規則構造薄膜を用いた薄膜小角X線散乱-分光同時測定システムを開発し、後半で高分子設計を最大限に活かしたナノ構造薄膜作製の高速支援システムを構築する予定である。

【当該研究から期待される成果】

本来、軽元素からなるブロックコポリマーのナノ規則構造の配向を薄膜小角X線散乱で2次元検出するには、輝度の高い放射光を用いた実験が必要です。一方、実験室仕様のX線源を用いた測定は、物質探索や材料プロセスの速やかな最適化を可能にし、“材料屋”がいつでも活用できる材料開発支援型のナノ構造評価システムの確立が急務である。測定時間は、線源の輝度と検出器の感度に加えて、測定試料のナノ構造の規則性で決定される。ごく最近、申請者らのブロックコポリマーの垂直配向したナノ規則構造薄膜を(株)リガクが開発中の薄膜小角X線散乱測定したところ、垂直配向ナノ規則に帰属される面内散乱ピークを数十分で検出することに放射光を用いない実験室レベルではじめて成功した。本装置にてナノ規則構造の形成過程と外場制御をリアルタイムで追跡する世界でも例のない実験が可能となり、材料探索の高速化・高効率化が期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Y. Tian, K. Watanabe., X. Kong, J. Abe, and T. Iyoda, "Synthesis, nanostructures and functionality of amphiphilic liquid crystalline block copolymers with azobenzene moieties", *Macromolecules*, 35, 3739-3747 (2002).
- 彌田智一、"高信頼性高分子ナノ相分離構造テンプレート薄膜"、*Electrochemistry*, 74, 491-496 (2006).
- H. Yu, J. Li, T. Ikeda, and T. Iyoda, "Macroscopic Parallel Array of Nanocylinders by Rubbing Technique", *Advanced Materials*, 18, 2213-2215 (2006).

【研究期間】 平成18年度 - 22年度

【研究経費】 36,600,000 円

【ホームページアドレス】

<http://www.res.titech.ac.jp/~hikari/hikarij.html>