

量子ビームを用いたソフトインターフェースの 分子鎖凝集状態評価

高原 淳
九州大学先導物質化学研究所
JST/ERATO 高原ソフト界面プロジェクト

ソフトマテリアルの表面・界面(ソフトインターフェース)の構造と物性は、生体適合性、接着、摩擦、摩耗、濡れ、透過、吸着、分子認識、導電性などの機能特性と関連して注目を集めている。例えば LB 膜のような有機薄膜では表面の最外層の分子を表面層と見なすことができる。一方、高分子鎖の空間的なサイズは回転半径、 $\langle s^2 \rangle^{1/2}$ で表すことができる。従って、一本の高分子鎖の回転半径の2倍程度に対応するランダムコイルの直径程度の厚みを表面層として定義することになる。すなわち、表面の機能特性では、表面から数 nm の深さの層内の分子鎖凝集構造と化学的特性が極めて重要な役割を果たしている。一方、基板界面・液体界面などの「埋もれた界面」の構造評価も学術的・光学的に極めて重要である。本講演では量子ビーム(放射光、中性子)を用いたソフトインターフェースの分子鎖凝集状態評価について著者らの研究成果を解説する。

バルク固体膜表面の結晶性評価のためには、X線の全反射により発生するエバネッセント波による回折を評価する必要がある。広角領域の情報を得る手法を微小角入射広角 X 線回折(GIWAXD)と呼ぶ。放射光を用いた実験では極めて高精度のデータを短時間で得ることが可能である。本講演ではポリエチレン薄膜の表面結晶状態、長鎖フルオロアクリレート(FA)基を有するアクリレート系高分子の表面秩序構造の GIWAXD 測定の例について研究成果を紹介する。

シリコンウエハーなどの基板表面に調製した薄膜に中性子を当て、入射角と反射角が同じ角度になる対称反射の条件で反射強度を測定する手法を中性子反射率測定法(Neutron Reflectivity: NR)と呼ぶ。この場合膜表面からの反射と、基板との界面からの反射が干渉するため、入射角の関数として反射率の振動が観測される。この反射率の入射角依存性を解析することで、膜の厚さ、表面の粗さ、膜の厚み方向の組成の分布などを明らかにすることができる。中性子は軽元素や磁性体に対する感度が高く、X線に比べて水素に関する情報を選択的に識別する能力が高いため、特に水素を重水素に置換可能な有機高分子材料などのソフトマテリアルの薄膜の構造解析の特性解析で注目を集めている。また基板に中性子の透過性の高い Si などを用いて、基板側から中性子を入射し、重水素化溶媒を用いることにより固/液の界面などの構造解析が可能となる。本講演では高分子ハイブリッド薄膜の埋もれた界面の構造、溶媒界面でのポリマーブラシの構造、超臨界二酸化炭素中での高分子鎖の膨潤挙動のその場評価への NR の応用について研究成果を紹介する。