

機能材料開発を指向した高分子界面物性の解析

檜山, 威風

<https://hdl.handle.net/2324/1500802>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 論文博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

日付 2015/02/25

氏名: 檜山威風

博士論文の要約

論文題目: 機能材料開発を指向した高分子界面物性の解析

本論文は、機能材料開発を指向した高分子界面物性の解析についてまとめた論文である。

第1章では、本研究の背景および目的を述べた。高分子の表面および界面は、内部(バルク)とは異なる熱的および力学的性質を有する。局所領域における分子鎖の凝集状態および熱運動性は、材料の機能特性を決定する因子であることから、これらに関する基礎的知見を得ることは、機能材料開発において極めて重要である。また、近年、急速に進められている種々のデバイスの微細化に伴い、上述の材料特性をナノスケールにおいて理解する要求が高まっている。以上の背景を鑑み、本論文では、自動車の主要構成材料の一つである高分子に着目し、ナノ領域における界面の物性解析手法の確立ならびに当該手法を用いた種々の界面現象の解明を目的とした。

第2章では、原子間力顕微鏡を基盤とするフォースカーブ測定原理を応用し、被着面積がナノスケールの接着強度(ナノ接着力)の評価法を確立した。モデル接着界面として(ポリスチレン/ポリスチレン)二層膜界面を用い、表面ガラス転移温度以上かつバルクガラス転移温度以下の温度で熱処理した場合、接着初期過程におけるナノ接着力は、凝着力が支配的であることを見出した。また、接着時間が 10^3 sを超えると、界面分子鎖の一部がセグメントスケールで拡散し、ナノ接着力は時間の経過に伴い増大、一定の値を示すことを明らかにした。接着温度がバルクガラス転移温度以上の場合、ナノ接着力は温度上昇に伴い減少し、Williams-Landel-Ferry型の温度依存性で再現できることを示し、界面間で生じるナノ接着力の起源が、界面を引離す際の分子鎖間の摩擦であることを明らかにした。

第3章では、精密合成法に基づき蛍光色素クマリンを側鎖導入したポリメタクリル酸メチル(PMMA-C)を調製し、その薄膜の局所領域における分子鎖ダイナミクスを蛍光偏光解消測定に基づき評価した。PMMA-C単層膜は、薄化に伴い分子鎖の回転緩和が速くなること、水界面における回転緩和は空気界面のそれと比較し速いことを見出した。また、膜最表層のみを蛍光標識した薄膜における回転緩和の空気および水界面における回転緩和時間の差異は、PMMA-C単層膜のそれと比較して大きくなることを明らかにし、これは基板界面からの拘束の効果が低くなるためであると結論した。

第4章では、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)およびフェニル C61 醜酸メチルエステル

(PCBM)で構成されるバルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池(OTSC)の活性層における内部構造と電池特性を評価した。走査フォース顕微鏡観察の結果、活性層は相分離構造を形成していること、そのドメインサイズは活性層の薄化に伴い減少すること、ドメインサイズが 30 nm 程度のときに電池特性が最大となることを明らかにした。また、ナノサイズで単一(P3HT/PCBM)界面を有するナノ OTSC の電池特性を評価し、その短絡電流密度がバルクヘテロ接合型 OTSC のそれと比較し向上することを見出した。

第 5 章では、第 2 章から第 4 章までを総括した。分子鎖の相互拡散性と力学的性質の相関、表面・界面・バルクにおける異なる分子鎖熱運動性、機能性高分子ブレンドにおける相分離構造と出力特性の相関など、本研究を通じて得られた基礎的知見は、機能性高分子材料の特性を決定する因子であり、機能材料開発において極めて重要である。今後の展望として、異種高分子界面における分子鎖の相互拡散メカニズム、相分離構造形成メカニズム、それらのドライビングフォースとなる因子に関する知見を活用することで、様々な使用環境においてより効率良く特性を発揮する高分子デバイスの開発が加速されることが期待される。