

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）

氏名	檜山 威風			
論文名	機能材料開発を指向した高分子界面物性の解析			
論文調査委員	主査	九州大学	教授	田中敬二
	副査	九州大学	教授	石原達己
	副査	九州大学	教授	辻 正治

論文審査の結果の要旨

近年、機能性材料の微細化に伴い、構成材料のバルク特性のみならず界面特性を精確に理解する要求が高まっている。

本研究では、自動車の主要構成材料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に取り組んだ。得られた成果は以下のとおりである。

1) 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）の評価法を確立している。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ている。また、接着時間が 10^3 s を超えると、界面分子鎖の一部分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ている。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ている。

2) 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ている。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ている。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説明している。

3) ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)およびフェニル C61 酪酸メチルエステル(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ている。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ている。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ている。

以上のように、本研究は、超微細領域に存在する高分子界面の物性を解析する種々の手法を確立し、当該手法に基づき機能性材料の微細化に資する新たな基礎的知見を多く得たものであり、高分子材料学上価値ある業績と認められる。

最終試験

この論文について、論文調査委員会は、平成 27 年 2 月 17 日 14 時 30 分から伊都地区総合学習プラザ 2 階 AMS 講義室 1 において、檜山 威風氏及び論文調査委員全員の出席により、公開による論文の調査及び最終試験を実施した。

論文内容について、檜山 威風氏は、高分子二層界面厚の評価法、有機薄膜太陽電池試料の薄化に伴う電極からの寄与の程度、電極構成の違いによる電池特性への影響など、論文調査委員（全員）の質問に的確にかつ明確な回答を行い、また、口頭又は筆答により行われた高分子科学、物理化学等関連の授業科目等に関する調査についても、論文調査委員を満足させる回答を行ったので、論文調査委員会は最終試験を合格と認定した。

以上のことから、論文調査委員会は、檜山 威風氏が博士（工学）の学位を授与されるのに相応しいと判断した。