

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名	高井 健次
学位	博士 (工学)
学位記番号	新大院博(工)第453号
学位授与の日付	平成28年9月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
博士論文名	Study on fabrication of submicron particles, surface treatment of nano-sized inorganic particles, and new classification system for anisotropic conductive film (異方導電性フィルム用サブミクロンサイズ粒子の合成, ナノ無機粒子の表面処理及び新規分級方法の研究)
論文審査委員	主査 教授・山内 健 副査 教授・青木 俊樹 副査 教授・金子 隆司 副査 准教授・三俣 哲 副査 准教授・田口 佳成

博士論文の要旨

本論文は、液晶ディスプレイや有機 EL ディスプレイなどのフラットパネルディスプレイ用異方導電性フィルム (ACF) の開発を目的に、疎水性ポリジメチルシロキサン粒子の合成、接着剤と疎水性を持つポリジメチルシロキサングラフト化シリカナノ粒子の合成、さらに新規ナノ粒子の分級法とゼータ電位測定法などについて検討したものであり、以下の6章で構成されている。

第1章では、本研究の背景および本研究の目的と意義について述べ、最後に各章の構成内容について述べられている。

第2章では、X方向とY方向の絶縁性を向上させるために、最も重要な技術の一つである、疎水性の強いサブミクロンサイズのポリマー粒子を合成する目的で、メチルトリメトキシシラン (MTMOS) と疎水性のジメチルジメトキシシラン (DMDMS) との共重縮合反応によるサブミクロンサイズの疎水性ポリジメチルシロキサン粒子の合成方法について検討した。その結果、モノマー濃度、MTMOS と DMDMS などのモノマーの配合比、触媒量及び反応温度の最適化により、単分散で疎水性のサブミクロンのポリジメチルシロキサン粒子が合成できることを明らかにした。

第3章では、X方向とY方向の絶縁性を向上させるために必要な技術の一つとして、シリカナノ粒子への疎水性ポリマーのグラフト化処理について検討した。まず、シラノール基を持つシリコーンオリゴマーを2官能並びに4官能のアルコキシシランとの共重縮合反応による、新規の疎水性シリコーンオリゴマーの合成法を確立した。ついで、溶媒を用いないドライシステムで、シリカナノ粒子をこれらの疎水性シリコーンオリゴマーで処理することにより、高いグラフト効率のシリコーンオリゴマーグラフトシリカナノ粒子が得られることを明らかにした。さらに、フェニル基を有するシリコーンオリゴマーを用いると、トルエン/酢酸エチル混合溶媒に容易に分散するシリカナノ粒子が得られることや、シリコーンオリゴマー被覆シリカ粒子を添加したポリイミドフィルムはシリコンチップとの接着性が向上することを明らかにした。

第4章では、ACFのZ方向の導電性を向上させると共に、X方向とY方向の絶縁性を向上させる目的で、電場を利用したサブミクロン粒子の新規分級方法について検討した。その結果、分級装置の上下の電場の大きさに伴って、50%分離径が小さくなることや、最小分離径が 0.62μ であることを見出した。さらに、電場の強さに従って、分級精度が向上することを明らかにした。

第5章では、第4章で新たに開発した分級方法を理論的にサポートする目的で、沈降速度を利用した新規ゼータ電位の測定方法について検討した。その結果、従来法では困難であった粒子径の異なる、個々の粒子のゼータ電位の測定を可能にする新規ゼータ電位の測定方法の開発に成功した。また、小粒径粒子のゼータ電位は大粒径粒子のゼータ電位に比べて大きいことを明らかにした。

第6章では、本論文の研究で得られた成果についてまとめ、今後期待される展望について述べている

審査結果の要旨

本論文は、以下のような学術的、および工学的に有用な新しい知見を含んでいる。

1. ジメチルジメトキシシラン、メチルトリメトキシシラン、及びテトラアルコキシシランをモノマーとして用いる、共重縮合反応において、モノマー濃度、モノマーの配合比、触媒量、及び反応温度の最適化により、サブミクロンサイズの単分散疎水性シリコーン粒子の合成に成功した。

2. 2官能並びに4官能のシランによって合成された、シリコーンオリゴマーを用いて、ドライシステムにより、シリカナノ粒子への表面グラフト化処理を行うと、高いグラフト効率の疎水性シリコーンオリゴマーグラフトシリカナノ粒子が得られることを明らかにした。さらに、得られた疎水性シリカナノ粒子を添加したポリイミドフィルムはシリコンチップとの接着性が著しく向上することを見出した。

3. 電場を利用したサブミクロン粒子の新規分級方法について検討し、分級装置の上下に電場を印加することにより、分級精度が向上することを明らかにした。また、実験で得られた分離曲線は、粒子沈降速度に重力と電気泳動力を考慮した計算値とほぼ一致することを確認した。

4. 沈降速度を利用した新規ゼータ電位の測定方法について検討し、従来法では困難であった粒子径の異なる各粒子のゼータ電位の測定を可能にする、新規ゼータ電位の測定方法の開発に成功した。また、小粒径粒子のゼータ電位は大粒径粒子のゼータ電位に比べて大きいことを初めて明らかにした。

したがって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると判定した。