

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 曾 我 巖

現在の情報電子産業を支えているハードウェアの重要な部材の一つに、有機・無機複合部材がある。電池の電極は活物質粉体を高分子バインダーに分散した複合体からなり、半導体デバイスにおいてもエポキシ樹脂に無機粉体を分散した封止剤が使用されている。またプリンター用のトナーやインクは複合部材そのものである。これら複合体においては、マイクロな界面とマクロな構造がその機能・特性を決定する。本論文は、高分子バインダーに機能性粉体が分散された有機・無機複合体を分散塗料化・塗布の工程により形成する、「塗布型磁気記録媒体」と「リチウムゲルポリマー2次電池」の2種類の製品を検討対象とし、その実用開発をマイクロ界面とマクロ構造の解明から系統的に行った成果をとりまとめたものであって、全5章よりなる。

第1章は序論である。まず、情報電子部材において有機・無機複合体がいかに広範に用いられているかを概観し、その中で従来経験に頼って行われてきたさまざまなパラメータの決定や工程の制御が持つ限界について述べ、界面・コロイド科学的見地からの基礎検討および製品開発という系統的な手法の必要性を説いている。

第2章は、「固体・液体界面の非平衡状態における分子挙動の研究」と題し、高分子バインダーに無機粉体を分散した系における微視的な界面挙動を理解するために行った一連の実験について述べている。固体・液体界面における溶液中からの高分子の吸着過程を調べるためにFTIR-ATR法を採用した。これは、固・液界面のスタンダードな研究法の一つであるが、著者はより実際の塗布工程に近い、強い剪断流下での吸着挙動を調べるために新たに装置を開発した。また、FTIR-ATR法が持つ特性を活かして、偏光測定、時間分解測定をあわせて行い、非平衡条件下でセグメント配向を含めた吸着の挙動を明らかにした。これにより、固体表面への吸着によって溶質が溶液中から失われてしまうstarved系では吸着高分子の局在化が示唆され、吸着高分子形態の時間依存性からは吸着層内緩和が観測された。また、吸着力が強く分子量も大きい高分子においては、剪断流による配向・脱着ともに少ないことが示された。これらは、攪拌、塗布などの製造工程について新しい知見を提供するものである。著者はこの研究をさらに推し進めて液晶パネルのようなミクロン単位の間隔における剪断流の影響を調べる装置も開発し、このような研究法の有用性を示した。

第3章は塗布型の磁気記録媒体の性能向上、特に記録密度向上のための研究について述べている。この目的のためには、磁性粉の微細化（高比表面積化）と塗膜中での分率の向上が必要であるが、少ないバインダー量で分散性、強度、耐久性などを維持するために、

粉体 - 高分子 - 溶媒からなる 3 成分系の相互作用の制御が必要となる。著者は、まず各成分間の基本測定により、いずれの成分も制御のパラメータとして可能であるが、特に高分子への極性基の導入が有効であることを見出した。また実工程において用いられる様々な成分の、工程に依存する成分間の競合、置換等を系統的に評価し、3 成分の定常的な振舞いのみに基づいた設計では予想される性能が実際に得られない原因を明らかにした。ついで各成分の塗膜中におけるミクロ分配の評価から、目的とする機能を効率的に発揮できる構成を考察した。さらに、塗膜の特性解析に対して従来法である、光沢、体積分率、機械特性などの評価法のほかに、微視的な分散性の評価を製品としての塗膜においても行う必要があるという観点から、ガス吸着法や超小角 X 線法を導入し、新たな知見を得た。

第 4 章では、現在多方面で利用され開発競争が加速化しているリチウムゲルポリマー 2 次電池を対象として行った研究開発について述べている。電池としての性能向上のためには、電極中における電子・イオンの伝導性と電極全体としての強度を維持しながら、できる限り大量の活物質粉体を保持できる構造体を作る必要がある。このため、ここでも前章と同様、活物質を少量の高分子バインダーで保持し、容量、伝導性、機械強度に優れる塗布により形成が可能な有機 - 無機複分散系を設計した。さらに電池構造体の作製と電解液の含浸、ゲル化を分離工程とすることにより、生産性と製品としての安定性の向上を図ることに成功した。

第 5 章は結論である。

以上、要するに、本論文は 2 種類の製品の開発を通して、粉体 - 高分子混合分散系を塗布形成することによって情報電子部材として用いる場合に、目標とする機能を達成するために必要となるマクロ、ミクロ両面からの戦略を考案、実践したものであって、今後の製品開発、技術向上に資するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）として合格と認める。