HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Fabrication of Polystyrene Colloidal Crystal Films by Electrophoretic Deposition and Structural Color Control [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	TRAN, THI HOAI GIANG
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(総合化学)
Dissertation Number	甲第14251号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79497
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	TRAN_THI_HOAI_GIANG_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（総合化学）　氏名　TRAN　THI HOAI　GIANG

審査担当者	主査	教授	忠永 清治
	副査	客員教授	打越 哲郎
	副査	教授	島田 敏宏
	副査	客員教授	白幡 直人
	副査	教授	安住 和久

学 位 論 文 題 名

Fabrication of Polystyrene Colloidal Crystal Films by Electrophoretic Deposition and Structural Color Control
（電気泳動堆積法によるポリスチレンコロイド結晶の作製と構造色の制御）

コロイド結晶は均一粒径の球状コロイド粒子が三次元的に周期構造を形成した材料であり、特に、粒子間距離が可視光の波長と同程度の場合、周期構造による光の回折により構造色を呈することからフォトニック結晶とも呼ばれる。フォトニック結晶中では光の伝播が禁止されるフォトニックバンドギャップと呼ばれる領域があり、特異な光学特性を利用して光の閉じ込め、レーザー発振、スーパープリズムなどへの応用が期待されている。また、構造色が周囲環境により変化する材料として様々なセンシング分野への応用が期待されている。しかし、従来の作製法、例えば一般的な移流集積法は、工業的な製造プロセスとして適用するには長時間を必要とする欠点があり、成膜速度の高速化が改善すべき課題となっている。本論文は、コロイドサスペンションに電場を印加し成膜速度の高速化を試み、成膜メカニズムの解明やコロイド結晶膜の応用について検討することを目的としたものである。

第一章では、自然界に存在する構造色の発現機構とその特徴、並びに、液中帯電粒子の粒子間相互作用を利用した人工的なコロイド結晶の形成とその成膜プロセスにおける制御因子について紹介し、液中コロイド結晶成膜における電場印加と帯電粒子操作の有効性について言及している。

第二章では、球状ポリスチレン（PS）粒子を用い、粒子電気泳動堆積 (EPD) 法を適用して、ITO/ガラス、ITO/PET 等の透明導電性基板上へのコロイド結晶成膜を行い、粒子の周期配列構造および膜質に及ぼす溶媒及び EPD 条件等のプロセスパラメータについて詳細に検討している。その結果、従来の移流集積法では作製に数時間～数日を要したコロイド結晶膜が、水-アルコール混合溶媒系を用い、基板の引き上げ速度を最適化することで、数～十数分程度の短時間で成膜できることを明らかにしている。

第三章では、EPD 法を適用した PS コロイド結晶膜の生成メカニズムについて、可視光反射スペクトルの測定により詳細に検討し、EPD 成膜直後の膜は Bragg 回折ピークを示さないランダム集積状態であるが、EPD 後 10 秒～数分の乾燥過程で Bragg 回折ピークが突然出現し、それが徐々にブルーシフトすることを観察している。その結果、電場の効果は基板近傍への粒子の濃縮であり、コロイド結晶化は乾燥過程における粒子再配列に伴う結晶相転移（Alder 転移）に因ることを明らかにしている。

第四章では、ITO/PET 上に成膜した PS コロイド結晶膜の機械的強度の向上を目的に、シリコンエラストマーの含浸処理を行っている。含浸処理を繰り返し行い、粒子間距離が拡大した状態で固定化された PS コロイド結晶膜は赤色の構造色を表すが、その膜を張り付けた金属片の引張試験を行うと、PDMS の伸長により膜の深さ方向の粒子間隔が収縮して構造色が緑へとブルーシフトすることを示して、低コストで構造材料の劣化を容易に検査する歪み可視化シートとしての実用性を有することを示している。

第五章では、シリコンエラストマーの含浸により粒子間距離の固定化された PS コロイド結晶膜は、分子量や分子構造の異なる有機溶媒を膜上に滴下することにより膨潤し、溶媒により異なる構造色が可逆的に変化することを示して、簡易な有機溶媒センサーへの適用が可能であることを提案している。

第六章では、結論が要約されるとともに、本研究が提示するコロイド結晶の高速成膜プロセスの有効性と将来性について、総括と展望が記載されている。

これを要するに、著者は、EPD 法を用いた PS コロイド結晶膜の創製を行い、高速成膜を実現させ、生成メカニズムを解明するとともに、応力の印加や溶媒の滴下などによる粒子間距離の変化に応じて構造色が変化するセンサーに利用できることを実証した。本研究で得られた知見は、大面積の基材に短時間かつ低コストで均一なコロイド結晶膜を工業的に作製することへの適用が容易であること、また、色による歪みの変化を観察する用途として、十分な機能性を有していることを示した点で、コロイド結晶膜の今後の応用発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は，北海道大学博士（総合化学）の学位を授与される資格あるものと認める。