



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Construction of Photonic-Plasmonic Coupling Color Material Combining Structural Colors by Colloidal Particles and Localized Surface Plasmon Resonances by Metal Nitride Nanoparticles [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	野口, 真司
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16383号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95457
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	NOGUCHI_Shinji_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 野口 真司

審査担当者	主査	教授	島田 敏宏
	副査	教授	忠永 清治
	副査	教授	松井 雅樹
	副査	准教授	三浦 章

学 位 論 文 題 名

Construction of Photonic-Plasmonic Coupling Color Material Combining Structural Colors
by Colloidal Particles and Localized Surface Plasmon Resonances by Metal Nitride
Nanoparticles

（コロイド粒子の構造色と金属窒化物ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴を組み合わせたフォトニッ
ク-プラズモニックカップリング発色体の構築）

近年着色材料において、褪色耐性の高さや毒性の低さから構造色材料が注目されている。構造色材料は光の波長程度の周期構造によって特定波長のみを反射する物理現象を利用した材料であるが、反射波長は角度に依存するため、特定の色合いを角度依存性なく表現するのが困難であった。光の波長程度大きさのコロイド粒子からなる粒子系構造色材料は、コロイド結晶の結晶性を低下させた準アモルファス構造にすることで角度依存性を低下させることができるが、非干渉性散乱によりコントラストが低下する。そこで本研究は、粒子系の周期構造中に金属窒化物（Metal nitride: MN）ナノ粒子を導入し、粒子の周期構造に由来する構造色に金属窒化物ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴を組み合わせ、プラズモン吸収によって特定波長領域を選択的に吸収することで反射特性が制御可能な構造色材料の作製を目的としている。

本論文では、構造色材料の構造体として SiO_2 を採用し、吸収材料として局在表面プラズモン吸収を示す TiN , ZrN , HfN ナノ粒子を用いている。粒径数十 nm の金属窒化物ナノ粒子をコアとし SiO_2 をシェルとした MN- SiO_2 コア-シェル粒子、および、単分散 SiO_2 粒子をコアとしその周囲に大きさ数十 nm の金属窒化物ナノ粒子を付着させた SiO_2 -MN コア-シェル粒子を作製し、準アモルファス構造体を作製することで、角度依存性が低く、金属窒化物ナノ粒子による局在表面プラズモン吸収と構造体である SiO_2 の周期構造形成による構造色の両方が発現する材料の合成を行った。

まず、 ZrN ナノ粒子をコアとした ZrN-SiO_2 コア-シェル粒子の作製を行った。自ら合成した ZrN ナノ粒子の周囲に SiO_2 を形成し、 ZrN-SiO_2 コア-シェル粒子を合成した。得られた粒子の積層体は、粒径に応じて反射スペクトルにおける極大波長のシフトが確認できたが、 ZrN の局在表面プラズモン吸収が小さく、複合化の効果は確認できなかったことを述べている。

さらに、同様の手法で TiN-SiO_2 コア-シェル粒子および HfN-SiO_2 コア-シェル粒子を作製したが、均一な粒径のコア-シェル粒子作製は達成できず、構造色材料としての評価は困難であることがわかったことを述べている。

次に、金属窒化物ナノ粒子と SiO_2 の関係を逆転させ、 SiO_2 - ZrN コア-シェル粒子を作製している。 ZrN ナノ粒子を市販の単分散 SiO_2 粒子表面へ付着させ、 SiO_2 - ZrN コア-シェル粒子を作製した。作製した SiO_2 - ZrN コア-シェル粒子の積層膜の反射スペクトルにおいて、コアとして用いた SiO_2 粒子の粒径に応じて極大波長がシフトし、反射強度は ZrN ナノ粒子のプラズモン吸収波長領域で相対的に低下することを見出している。

さらに、同様の手法で、 SiO_2 - TiN コア-シェル粒子および SiO_2 - HfN コア-シェル粒子を作製し、 ZrN 系と同様に、反射スペクトルにおいて反射強度が金属窒化物ナノ粒子のプラズモン吸収波長領域で相対的に低下することを見出している。

これを要するに、著者は、金属窒化物ナノ粒子と SiO_2 から構成されるコア-シェル粒子を合成し、 SiO_2 コア-金属窒化物ナノ粒子シェルの粒子において、金属窒化物ナノ粒子の局在表面プラズモン吸収と SiO_2 粒子の周期構造による構造色が組み合わせられた効果を示す材料を作製できることを明らかにしたものであり、今後、金属窒化物の局在表面プラズモン吸収の応用展開に対して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（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。