

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 93 [5], 149-153 (2020)

バイオミメティックによるタマムシの構造色の再現と応用

不動寺 浩*†・針山孝彦**

*物質・材料研究機構 茨城県つくば市千現1-2-1 (〒305-0047)

**浜松医科大学ナノスーツ開発研究部 静岡県浜松市東区半田山1-20-1 (〒431-3192)

† Corresponding Author, E-mail: FUDOUZI.Hiroshi@nims.go.jp

(2019年12月4日受付, 2019年12月16日受理)

要 旨

タマムシの構造色を再現する模倣タマムシのバイオミメティック研究を行っている。タマムシより表面構造を転写したレプリカ表面にコロイド結晶薄膜を形成すると、入射光の一部が選択的に反射(可視光のブラッグ回折)して構造色が発色する。塗工対象物を粒径の揃ったコロイド粒子のサスペンションに浸漬し表面にコロイド結晶薄膜を成膜する。開発された塗工技術は凹凸のある湾曲表面にもコロイド結晶薄膜を成膜できるので多種多様な塗工対象物の表面の構造色の塗工が可能である。また、コロイド粒子の粒子径を変更するだけで、紫から赤まで幅広い色彩の構造色の塗工が可能である。新しい構造色の加飾法として期待できる。

キーワード：コロイド結晶, 構造色, バイオミメティック, アルダー相転移, 自己集積

1. はじめに

モルフォチョウやタマムシの鮮やかな金属光沢が構造色による発色であることは広く知られている。タマムシなど甲虫表皮にはサブミクロンサイズの周期構造が形成しており、近年、生物の構造色を模倣するバイオミメティック研究が国内外で盛んになっている¹⁻⁴⁾。著者らは新学術領域生物規範工学においてタマムシの構造色を人工的に再現する模倣タマムシの研究を行った。生物学と材料学の異分野融合研究によって、人工的にタマムシの構造色の模倣を試みた。なお、タマムシは北米では外来生物で駆除を目的とした模倣タマムシの構造色の再現を目指したタマムシの行動実験などが報告されている⁵⁾。構造色模倣のアプローチとしてコロイド粒子が自己集積により三次元に規則配列したコロイド結晶(オパール)薄膜を利用した。コロイド

粒子の粒径, 屈折率, 充填物質および粒子間隔を調整することで本物によく類似した模倣タマムシの作製に成功した。今回、開発された成膜技術は凹凸や湾曲のある三次元表面にコロイド結晶薄膜の塗工が可能である。また、汎用素材で環境負荷の少ないプロセスで新しい構造色の塗工技術として期待される。

2. バイオミメティックによる構造色模倣

タマムシの構造色はタマムシの最外層表皮(エピックテラ)のナノ多層膜構造に起因している。入射した太陽光は多層膜干渉により特定波長の光を選択反射する。エピックテラは細胞が分泌した物質が自己組織的に集合することで形成される。本研究ではタイ国原産のミドリフトタマムシを使用した。図-1Aはタマムシ鞘翅の断面のTEM像を示す。白黒コントラストは屈折率の違いに起因しており、屈折率の周期構造が形成されていることがわかる。著者らはタマムシのエピックテラが多層膜構造の構造色を再現する模倣タマムシの作製を試みた。その方法としてコロイド粒子が自己集積により規則配列するコロイド結晶を利用した。コロイド粒子は面心立方格子(Face Center Cubic, fcc)の最密充填構造を形成する。図-1Bはfcc(111)面の積層の様子を示している。コロイド結晶の構造色は積層したfcc(111)面のブラッグ回折に起因する。構造色は面間隔 d_{111} に



〔氏名〕 ふどうじ ひろし
〔現職〕 (国)物質・材料研究機構 グルーブリーダー
〔趣味〕 旅行先の街中探索, 家族とドライブ
〔経歴〕 1993年九州工大大学院工学研究科修了。科学技術庁金属材料技術研究所入所, 2002年米国ワシントン大学化学科客員研究員, 2004年九州大学にて論文博士(工学)取得, 2016年より現職。2018年名古屋工大連係大学院教授(併任)。



〔氏名〕 はりやま たかひこ
〔現職〕 浜松医科大学光先端医学教育センターナノスーツ開発研究部 特命研究教授, NanoSuit(株)取締役社長
〔趣味〕 自然観察, 登山
〔経歴〕 東北大学応用情報学研究センター応用生体情報学助手。浜松医科大学医学部助教を経て, 2004年より同大・教授。2014年より同大・副学長(教授兼任)。2017年同大・特任教授(ナノスーツ開発研究部長兼任)。2019年NanoSuit(株)取締役社長。2020年同大・特命研究教授。

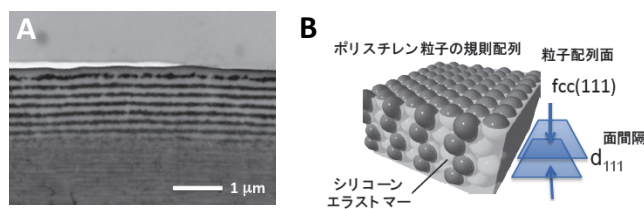


図-1 バイオミメティックアプローチによる構造色, A) ミドリフトタマムシ鞘翅のエピックテラ断面部のTEM写真, B) コロイド結晶薄膜の配列イメージ

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/