

オパール薄膜を用いたアルミニウム試験体のひずみ可視化

百武 壮¹, 西崎 到¹, 不動寺 浩², 澤田 勉², 田中 義和³, 有尾 一郎³

¹土木研究所 材料資源研究グループ(新材料)

²物質・材料研究機構 先端フォトニクス材料ユニット 応用フォトニック材料グループ

³広島大学 大学院工学研究院

高度成長期に建設され、近く耐用年数を迎える多くの社会基盤設備や、地震によって大きな外荷重を受けた構造物の劣化診断による事故防止、長寿命化の技術開発は急務と言える。本報告では構造物劣化を診断するために、特別な装置を使わずにひずみの可視化を可能とする機能材料・オパール薄膜の研究開発を目的とする。ポリスチレンの微粒子を自己集積化し、シリコンエラストマーで充填したオパール薄膜を作製した^{(1), (2)}。オパール薄膜は弾性変形・塑性変形によって可逆的にブラッグ回折波長が制御できることを確認した。オパール薄膜を黒 PET シート上に成膜してアルミニウム試験体に貼り付け、1 軸引張試験により、塑性変形による試験体のひずみ分布を構造色変化として可視化できた。さらに既存の抵抗式ひずみゲージとオパール薄膜のブラッグ回折ピークのシフト量(色変化)との同時計測にも成功した。ひずみ感度、分解能と発色レンジ、耐候性についても議論する。

(1) H. Fudouzi, "Optical properties caused by periodical array structure with colloidal particles and their applications" *Advanced Powder Technology*, **2009**, 20, 502-508.

(2) H. Fudouzi, T. Sawada, "Photonic rubber sheets with tunable color by elastic deformation" *Langmuir* **2006**, 22, 1365-1368.

オパール薄膜を用いたアルミニウム試験体のひずみ可視化

○百武 壮, 西崎 到(土木研究所), 不動寺 浩, 澤田 勉(物質・材料研究機構), 田中 義和, 有尾 一郎(広島大学)

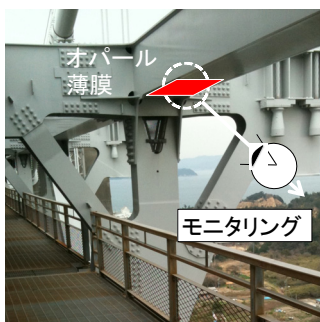
E-mail: hyakutake@pwri.go.jp

要旨

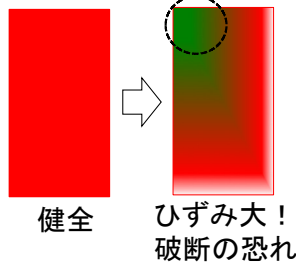
社会基盤構造物の老朽化・大震災の影響

ひずみを可視化する機
の研究開発を目的とする。

目視、従来法では判断が難しい劣化の面情報

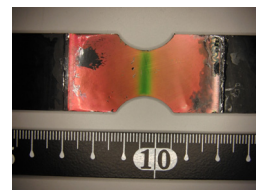


ひずみを色で検出



結論

- 1) 変形で構造色に変化するオパール薄膜を応用し、アルミ表面のひずみを可視化した。
- 2) これまでにない新しい原理に基づく簡便なひずみセンサー材料としての可能性を示唆した。
- 3) ひずみゲージとの同時計測にも成功し、構造色シフトとひずみを定量化した。

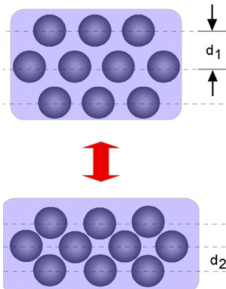
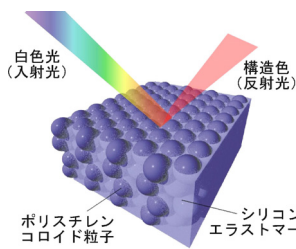


アルミ試験片の一軸引張試験結果。塑性変形がくびれ部に集中したことが構造色変化から明らかとなった。

ひずみゲージとの同時計測により0-400,000 μSt において構造色変化していることがわかった。

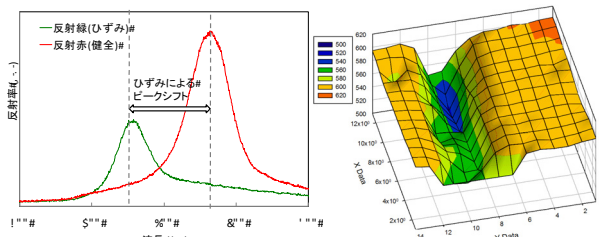
構造色に変化するオパール薄膜

オパール結晶では粒子間の隙間をシリコンエラストマーで充填したハイブリット構造をとる。入射白色光の一部が選択的に反射(ブラッグ回折)された結果、構造色となる。

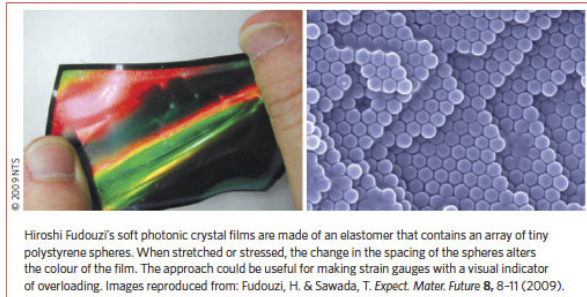


上図: 弾性変形により粒子配列の間隔dが変化することで構造色も変色します。

ひずみによるピークシフトと分布



ファイバー型分光器でひずみによる反射スペクトルのシフトを計測し、変形部を中心に1ミリピッチで測定した反射ピークの等高線を示した。塑性変形の二次元分布を可視化することに成功した。



Hiroshi Fudouzi's soft photonic crystal films are made of an elastomer that contains an array of tiny polystyrene spheres. When stretched or stressed, the change in the spacing of the spheres alters the colour of the film. The approach could be useful for making strain gauges with a visual indicator of overloading. Images reproduced from: Fudouzi, H. & Sawada, T. *Expert. Mater. Future* 8, 8-11 (2009).

Duncan Graham-Rowe, "Tunable structural colour", *Nature Photonics*, Vol.3, p.532.

今後の展開

- ・コロイド粒子径と粒子間距離の最適化によるピークシフトとひずみ感度向上。
- ・可視光-紫外(近赤外)領域をまたぐ着色-脱色によるスイッチングの検討。
- ・促進劣化、野外暴露などの耐候性試験。