



超高速で色が変わる構造色ゲルを開発 ～新たなカラーディスプレイ方式を提案

研究成果のポイント

- ・ 試料の変形によって色(構造色)が変わるゲルを開発。
- ・ 30gf/cm²という微小な圧力でゲルを押すだけで、赤～青までのワイドカラーレンジ発色が可能。
- ・ 現在のハイエンド液晶ディスプレイと同等の、1ミリ秒(1/1000秒)という高速応答を実現。
- ・ 省エネルギーの次世代カラーディスプレイ、高速応答の圧カイメージセンサーとして期待。

研究成果の概要

北海道大学大学院先端生命科学研究院の龔(グン)教授らのグループは、力学刺激によって超高速で色が変わるゲルを開発しました。ゲルとは、ゼリーやこんにゃくのような、内部にたくさんの水を含んだ柔らかい材料です。本ゲルは、変形の大きさに応じて赤～青までのフルカラーレンジ発色が可能、1ミリ秒という極めて速い応答速度、0.01mm(髪の毛のサイズ)の空間分解能などの特徴を有しています。このゲルは、バックライト不要の新方式のカラーディスプレイ、水中でも使える高速応答圧力センサーなどとして利用可能と考えられます。

本ゲルには色素は一切含まれておらず、代わりに細胞膜のような脂質二分子膜が100nm程度の間隔で規則的にゲルの中に積層しています。この周期的な膜構造が反射板として機能し、特定の波長の光だけが強く反射されるため、膜の周期に対応した色が生じます。玉虫や熱帯魚の表面に色が付いて見えるのと同じ原理で、これを構造色と呼びます。ゲルは非常に柔らかい材料なので、変形させると膜の周期が変わり、従ってゲルの色も変わるのです。同様の仕組みで色が変わるゲルは従来もありましたが、応答速度が極めて遅く、ディスプレイなど動画を表示する用途には不向きでした。

今回、ゲル中の脂質二分子膜を細かく分割することにより、ハイエンド液晶ディスプレイと同程度の超高速応答を実現しました。

論文発表の概要

研究論文名 : Mechano-actuated Ultrafast Full-Colour Switching in Layered Photonic Hydrogels
(力学刺激による, 層構造フォトニックゲルの超高速フルカラー色変化)

著者 : Youfeng Yue (樂 優鳳)¹, 黒川孝幸¹, Md. Anamul Haque¹, 中島 祐¹, 野々山貴行¹, Xufeng Li (李 旭峰)¹, 梶原逸朗², 龔 劍萍¹ (¹北海道大学大学院先端生命科学研究院, ²北海道大学大学院工学研究院)

公表雑誌 : Nature Communications

公表日 : 英国時間 2014 年 8 月 18 日(月)

研究成果の概要

(背景)

生物の中には, 玉虫や真珠貝のように, 色素によらず鮮やかな色を見せるものがあります。これらは表面に規則的な構造を持っており, ある波長の光だけを強く反射することによって色を出しています。これを構造色と呼び, 規則構造の周期や入射光の角度によって, 強く反射する色が変化します。ネオンテトラなどの熱帯魚がカラフルに見えるのも同じ原理です。北海道大学大学院先端生命科学研究院の龔教授らのグループはこれまでに, 細胞膜のような二分子膜が等間隔に積層したラメラ構造を高分子ゲルに組み入れることで, 美しい構造色を示すゲルの合成に成功しています。さらに, 本ゲルを押したり引っ張ったりすることで, 構造色を大きく変えることにも成功しており, ディスプレイや変形のセンサーなどとしての応用が期待されています。従来のゲルでは, 変形させた後, ゲルが元の形及び色を回復するためには 15 分程度の長い時間を必要としました。そのため, 高速で色の繰り返し変化を必要とする用途には不向きでした。

これに対して本研究では, ラメラ構造はそのままに, 個々の脂質二分子膜を細かく分割することにより, 応答速度を 100 万倍と大幅に向上することに成功しました。

(研究手法)

脂質二分子層を形成する界面活性剤分子としてポリドデシルグリセリルイタコネート (PDGI), ラメラ層の間を埋めて形状を保持するゲル層としてポリアクリルアミド (PAAm) を主成分とした化学架橋ゲルをラジカル重合により合成しました。二分子層と PAAm 層は, ゲル内部で交互に積層した周期構造を取ります。この PDGI/PAAm ゲルを合成後, 50°C の水酸化ナトリウム水溶液に数分間ゲルを浸すことにより, PAAm を一部加水分解しポリアクリル酸ナトリウム (PAAcNa) に改変しました。その後, 純水で洗浄及び保存を行いました。ここで, イオンを帯びている PAAcNa は高い浸透圧 (吸水力) を生み出すため, ゲルはさらに吸水し, 大きく膨らみます。この過程で二分子層は引き伸ばされて細かく壊され, ミクロサイズに分割されます。

(研究成果)

構造色を示すために必要なラメラ構造の等間隔性を有したまま, 連続した二分子膜をミクロサイズに分割することが出来ました。これにより, 非常に鮮やかな色を保ちながら, 応答速度を 100 万倍高速化することに成功し, 1 ミリ秒という超速度を実現しました。これは, 現在市販されているハイエンド液晶ディスプレイと同等のスペックです。また最大 3kPa (=30gf/cm²) という極小さい圧力で, 赤~橙~緑~青という, フルカラーレンジの変化を実現することが出来ました。色の空間分解能は

0.01mm であり、これはハイエンドディスプレイのドットピッチ 0.1mm を凌駕する値です。

従来のゲルでは二分子層が連続してつながっていたため、ゲルの変形時に二分子層が同時に変形していました。この膜には粘性があり、変形が非常に遅かったため、ゲルのすばやい形状回復が妨げられていました。本研究では、ゲルを膨らませて二分子層を分割したことにより、ゲルの変形時に二分子層の変形が起こらなくなり、高速応答を実現することが出来ました。

また、PAAcNa/PAAm ゲル層は丈夫なゲルであり、大変形に耐えるため、構造色に変化する程度の変形では壊れることはありません。そのため、1万回を超す変形を繰り返し加えても、変形に対する構造色の変化は一切劣化が見られませんでした。

(今後への期待)

ゲルは大変柔らかく、わずかな力で変形ができるため、色を変化させるために大きなエネルギーを必要としません。また、反射光で色を出すためバックライトを必要とせず、明るい場所ほど発色がよくなるという、これまでのカラーディスプレイにない特徴を有しています。また、現在の液晶ディスプレイと同等以上に高速で応答することが可能です。

これらの特徴から、屋外で動画を再生するといった今後のモバイルブロードバンド時代に即した、新たなディスプレイ方式を提案できます。水中でも使える高速応答圧カイメージセンサーなどへの応用も期待されます。

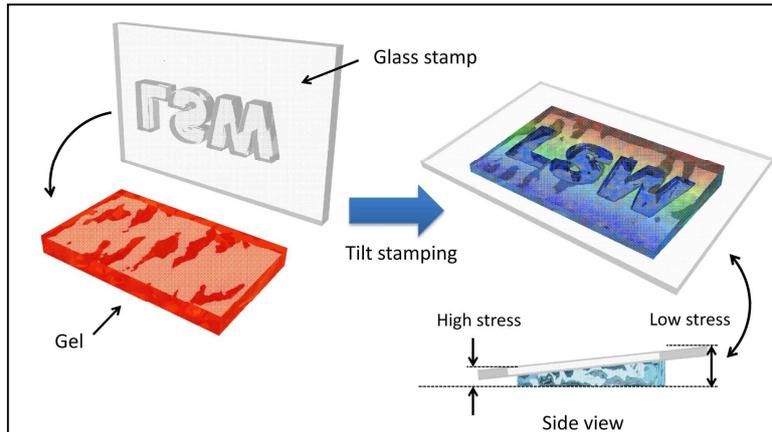


図 1. 構造色ゲルからなるカラーディスプレイの模式図

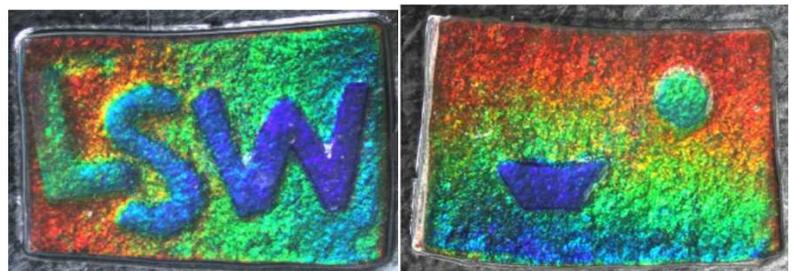


図 2. 表示された LSW の文字 (左) 及び絵柄 (右)

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学大学院先端生命科学研究院 教授 龔 劍萍 (グン チェンピン)

TEL : 011-706-2774 FAX : 011-706-2774 E-mail : gong@mail.sci.hokudai.ac.jp

ホームページ : <http://altair.sci.hokudai.ac.jp/g2/index.html>