

「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製」  
平成 26 年度採択研究代表者

|                 |
|-----------------|
| H26 年度<br>実績報告書 |
|-----------------|

山本 潤

京都大学 大学院理学研究科  
教授

空間局在・分子超潤滑に基づく時空間空隙設計と高機能表示材料創生

## § 1. 研究実施体制

### (1)「山本」グループ

① 研究代表者:山本 潤 (京都大学 大学院理学研究科、教授)

② 研究項目

・A:分子超潤滑と低電圧化

・B:高速局在モードと高速化

・C:表示材料 デバイス化設計・材料設計と産学連携・知財戦略

### (2)「菊池」グループ

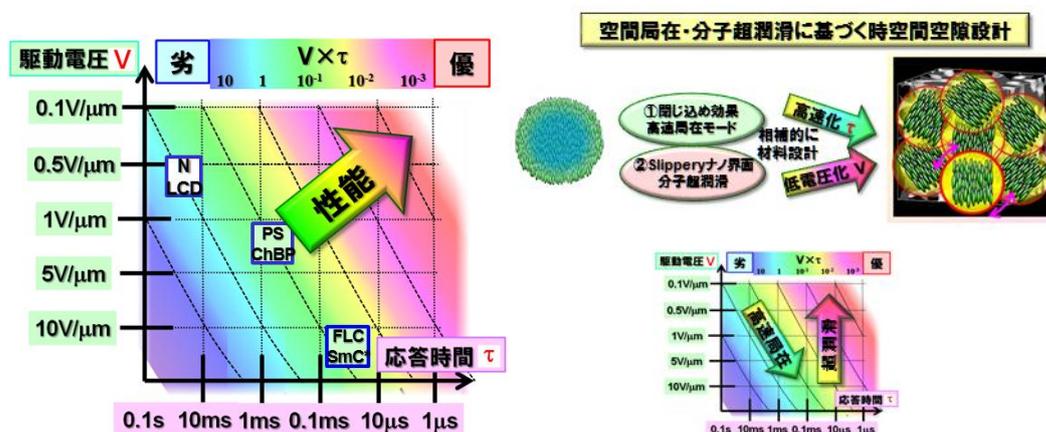
① 主たる共同研究者:菊池 裕嗣 (九州大学 先導物質化学研究所、教授)

② 研究項目

・A:分子超潤滑と低電圧化

## § 2. 研究実施の概要

**【目的】** 本研究構想では、物質中に「時」空間空隙構造を設計して埋め込むことにより、低駆動電圧で高速応答を示す革新的有機表示材料を創生し、次世代表示デバイスへ応用可能なプロトタイプを開発する。特に、長い開発の歴史を持ちながら、30 年来の古い原理に留まっている「液晶」表示材料に着目し、その光源の線質を維持できる光シャッター機能、薄さ、軽量、フィルム加工性などの優れた特性を活かしながら、応答速度・駆動電圧に関する究極的な改良を行う。液晶表示材料の重要な性能である駆動電圧  $V$  と応答時間  $\tau$  には相殺関係があり、性能としては  $V \times \tau$  の積で評価し、下左図のように青(図内左下)から赤(図内右上)に向けた方向に高性能となる。現状のネマティック LCD は  $V \cdot \tau \sim 5 \text{ Vms}/\mu\text{m}$  であり、本構想が目指す夢の表示材料は、さらに  $V \cdot \tau < 10^{-2} \text{ Vms}/\mu\text{m}$  という既存技術を大幅に凌駕する究極の性能の実現を目指すものである。



**【キーコンセプト】** 本研究構想では上右図に示すように、物質中に「空間空隙」をトポロジカルにデザインして埋め込み、その空隙界面を分子レベルで制御することにより、「高速局在モード」と「分子超潤滑」の2つの原理を具現化する。この2つの新しい物質設計のアイデアを相補的に用いて、強誘電性液晶(SmC\*)相と高分子安定化ブルー相(PSchBP)に应用することで、既存の原理では到達できなかった、高速かつ低電圧駆動が可能な、夢の表示材料を実現する。

**【本年度の成果】** 本年度は10月のプロジェクト研究開始後、以下のような研究成果を得てきた。

**【京大G(実験)】** Slippery界面によるSmC\*低電圧駆動の原理を定量的に評価する実験系を構築し、(1)電極基板改良によるさらなる電圧低減、(2)駆動波形の工夫による黒状態復帰速度の向上、(3)らせん運動のダイナミクス制御と、らせん解凍状態を利用した新たな駆動原理を発見した。また、(4)SmC\*相のスウィッチングダイナミクスに最も重要なツイスト弾性定数を、正確に決定できる原理と手法の開発に成功した。さらに、(5)駆動電圧をより一層低減するため、SmC\*相をソフト化する物質設計の原理を複数考案した。現在、その効果について検証中である。(6)一方、Slipperyな界面を物質中のミクロな界面に導入するため、特殊な界面効果を設計して自己組織的にSlippery界面を形成させる方法を実現させた。

**【京大G(理論)】** 平坦で滑らかな壁面に液晶分子が接していると、分子の向きは壁面に対し平行(プラナー配向)、または垂直(ホメオトロピック)に揃う。そこで壁面が分子レベルで凸凹を有する場合にどのようになるかを調べるために、数値シミュレーションを用いて研究を行った。

**【九大 G】** PSChBP の駆動電圧の低減化を目指し、ChBP 内部に分子超潤滑界面を形成するための材料設計および基礎的実験を実施した。ChBP の内部にはディスクリネーションが自発的に生成しているが、そのディスクリネーションをウェッジセル中のキラルネマチック相で実現し、その周囲における高分子微粒子の拡散挙動を共焦点レーザー走査顕微鏡で観察した。その結果、高分子を効率よくディスクリネーションに濃縮させるための有益な知見を得た。PSChBP を作製させるためのモノマーの分子構造と高分子安定化効果について検討し、モノマーの幾何学的形状が大きな影響を及ぼすことを見出した。