

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：35504

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510158

研究課題名(和文) 省エネルギー型液晶表示を実現する革新的複合ナノ粒子の開発

研究課題名(英文) Development of Innovative Hybrid Nanoparticles Saving the Energy of Liquid Crystal Devices

研究代表者

白石 幸英 (Shiraishi, Yukihide)

山口東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：60289303

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：液晶表示素子は、私たちの生活に不可欠なものとなっているが、東日本大震災以降、その消費電力の低減について大きな注目を集めている。我々の研究グループでは、最近シクロデキストリン保護ZrO₂ナノ粒子を液晶に添加することで、低電圧駆動を示すことを予備的に見出したが、実用化に向けより高い性能が要求されている。本研究では、ナノ粒子の複合化および構造制御による高機能化と、カラーフィルターなしのフィールドシークエンスカラー液晶表示素子による省エネルギー型液晶表示の開発を目的とする。

研究成果の概要(英文)：The modification of the physical properties of liquid crystals by doping nanoparticles have received much attention from the view point of the enhancement of the performance of LCDs. Reflecting these trends several research groups reported on heterogeneous liquid crystal suspensions using; fullerene, noble metal nanoparticles, and semiconductor nanoparticles. Poly(β -cyclodextrin) (P-CyD)-protected ZrO₂ nanoparticles were prepared by using a microwave reactor equipped with ultrasonic nozzle mixing a tetraethylene glycol solution of zirconium ethoxide in the presence of poly(β -cyclodextrin). The response time of this twisted nematic liquid crystal devices (TN-LCDs) in the presence of P-CyD-ZrO₂ nanoparticles was faster than that in the absence. The threshold voltage of TN-LCDs by doping P-CyD-ZrO₂ nanoparticles decreased. The decrease of threshold voltage can reduce power consumption, which may meet the demands of future power-saving LCDs.

研究分野：ナノ材料化学

キーワード：超分子化学 包接化合物 ナノ粒子 ナノワイヤー シクロデキストリン ククルピツリル 液晶 液晶ディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

市販のカラー液晶ディスプレイ(LCD は、赤、緑、青のカラーフィルターにより、フルカラー表示している。(例えば赤 + 青 + 緑 = 白、赤 + 緑 = 黄(青の部分は使用しない))。しかし、この方式ではそれぞれの3原色フィルターを通過する光のみが利用され、それ以外の光は利用されない。すなわちバックライトの2/3は捨てられる。当研究グループが目指すフィールドシーケンシャルカラー(FSC)-LCD方式は、研究協力者の小林駿介教授らが提唱したもので、カラーフィルターの画素の代わりに、赤、緑、青の3原色の光を画面ごとに同期させて切り替えることによってフルカラー表示する方式である。この方式はカラーフィルター方式に比べ、原理的には3倍明るい画像を得ることができ、消費電力は従来技術の1/3以下となり、省エネルギーを実現する上で画期的な技術である。

現在、液晶テレビの生産台数は1.7億台(消費電力は1台あたり130W)、デスクトップPCは1.4億台(平均70W)で、そのほかLCDは携帯電話やカーナビなどにも広く用いられており、LCD応用製品の消費電力(2010年)は、世界規模では約430億Wである。FSC方式が普及し、省エネルギー液晶が実現できれば、喫緊の課題となっている省エネルギー化にとって必須の研究課題である。

2. 研究の目的

LCDは、私たちの生活に不可欠なものとなっているが、東日本大震災以降、その消費電力の低減について大きな注目を集めている。我々の研究グループでは、最近ナノ粒子を液晶に添加することで、低電圧駆動を示すことを予備的に見出したが、実用化に向けより高い性能が要求されている。本研究では、ナノ粒子の複合化および構造制御による高機能化と、カラーフィルターなしのFSC-LCDによる省エネルギー型液晶表示の開発を目的とする。

3. 研究の方法

LCDは、十数種類の液晶をブレンドして用いられているので、その種類に応じて、ナノ粒子の種類も、ナノ粒子の保護剤の種類も変化する。まず、最も一般的なねじれネマティックタイプLCDから始め、様々な構造のナノ粒子を創製し、それを添加した液晶の電気学特性を測定することで、ナノ粒子構造と液晶との相関関係の基礎的知見を得る。さらに、対象とする液晶をFSC-LCDを中心とし、形状制御したナノワイヤーなど更なる機能化を目指し、駆動電圧の大幅な低減と高速応答を示す革新的な機能を発現する物質・デバイスへの展開を行う。

4. 研究成果

4.1 ククルビツリル保護ナノワイヤーの創製とそれを分散した液晶表示素子の電気光学特性

ククルビツリル(CB)は、数個のグリコウリル単位がメチレン単位を介して環状につながったもので、全体として上下の底が抜けた樽状の構造をとる。親油性の空洞を有し、2つの親水性の入口を上部および下部に有している。従って、CBは、空洞内では親油性の相互作用が生じ、6個のカルボニル基を有する2つの入口では、水素結合、極性-極性相互作用、および正電荷-極性相互作用が生じる。CBは、特にアミノ基、シアノ基、カルボキシル基を有する化合物と非常に安定した複合体を形成し、かかる特性を利用して多様な分野でのククルビツリルの適用に関する研究が継続的に行われている。シアノ基を含む化合物との複合体を形成しやすい部分に注目し、CBを保護剤とした貴金属ナノ粒子の創製とその特性について検討した。

CBは、他の包接化合物に比べて溶媒に溶けにくく加工性に欠けることから、応用に関する研究はあまり報告されていない。本研究では、CBが、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を変化することで、溶解可能となることを見出した。また、水酸化ナトリウム水溶液濃度を変化させながらナノ粒子の調製を行っている過程で、CB-Agナノワイヤーを形成する大変興味深い現象を偶然見出した。得られたナノワイヤーは、平均長さ4290nm、平均直径153nm、アスペクト比28であった。他の貴金属でもナノワイヤー形成を確認したところ、金および白金、パラジウムなどでもナノワイヤー形成が確認できた。調製したAuナノワイヤーを5CBに混合後LCDを作成し、電気光学特性を測定した際に駆動電圧が低減する結果が得られた。貴金属ナノ材料は、駆動電圧の低減に有効と思われる。この駆動電圧の低減は、弾性定数の低下に由来し、ナノワイヤー未添加の5CBの弾性定数K33が8.37pNに対し、Auナノワイヤーの添加により7.86pNに減少した。10年前のCRTテレビでは、100W未満の電力消費量だが、最近の主流である高輝度、ハイコントラストおよび高解像度の画面(最高で108インチ)LCDは、多大な電力(500W~2kW)を消費する。本実験で調製したCB-Auナノワイヤーを分散させることによる閾値電圧の低減は、より低電力消費へ繋がり、省電力LCDの開発の端緒を掴んでいると期待される。

一方、応答時間については、CB-Agナノワイヤーで効果が見られたが、ナノ粒子分散液の安定性が極めて低い点および、Agは焼き付きが起こりやすいとの報告があり、液晶材料として実用化への応用は困難と判断した。CB-Auナノワイヤーで期待した応答時間の短縮が見られなかったのは、後安定化法で添加したチオラート配位子が、強固に配位するためと思われる。我々は、最近、チオラート配位子を用いず、CB保護酸化ナノワイヤーを創製し、これを添加した液晶の応答時間が短縮することを予備的に見出した。

4.2 シクロデキストリン保護ナノ粒子の創製とそれを分散した液晶表示素子の電気光学特性及び実用化へ向けての展開

ククルピツリル保護ナノ粒子を、液晶に分散することで、応答時間および、駆動電圧の低減を確認した。しかし、ククルピツリルを保護剤とすると、金属への配位力が強くないため、ナノ粒子調製後数日で沈殿する問題があり、チオラート配位子を用いた後安定化処理が必要であった。そこで、より強くナノ粒子を保護することの可能なシクロデキストリン(CyD)を保護剤として、ナノ粒子の調製を試みた。シクロデキストリン(CyD)は、 α -D-グルコピラノース基が α 、 β 、 γ 結合により環状に繋がったオリゴ糖である。グルコピラノース基の数が 6, 7, 8 個のものをそれぞれ、 α -CyD、 β -CyD および、 γ -CyD と呼ぶ。分子回転軸方向から眺めた CyD はドーナツ状をしている。中央部は空洞で、その内径は CyD の種類によって異なる。検討するナノ粒子は、4.1 で述べた貴金属から酸化物に変更した。酸化物ナノ粒子の合成は、光還元法では、ナノ粒子調製が困難であったため、マイクロ波と超音波を併用照射する独自の装置を導入し、調製を行った。マイクロ波は、周波数 300 MHz から 3 THz の電波であり、この電波を電気双極子をもった分子が吸収することにより、反応系全体を短時間で均一に加熱でき反応時間を短縮できる。超音波は周波数が 16 kHz 以上の音波であり、これをマイクロ波による加熱と同時に照射することにより、反応溶液全体を均一攪拌でき、粒子の微細化が可能である。

図 1 に常温 25 °C での P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01(実用 FSC-LCD)とナノ粒子無分散の NTN-01 より作成した TN-LCD の透過率と応答時間の関係を示す。P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 は、ナノ粒子無分散 NTN-01 と比較し、明らかな応答時間の短縮を示した。25 °C 及び 0 °C で測定した P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 の応答時間と改善率を表 1 にまとめた。25 °C において、P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子の分散により、立下がり応答時間 τ_{off} は、4.6 ± 0.3 ms から

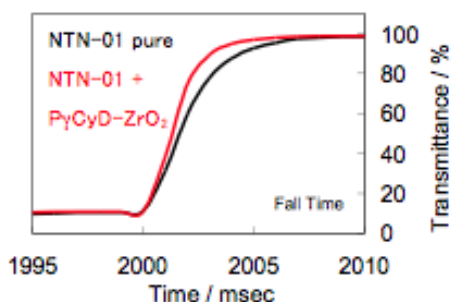


図 1 25 °C で測定した P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 の応答時間

表 1 P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 の応答時間と改善率

	25 °C			0 °C	
	NTN-01 $V_{th} = 2.96$	NTN-01+P-CyD-ZrO ₂ $V_{th} = 2.85$	改善率/%	NTN-01 $V_{th} = 3.17$	NTN-01+P-CyD-ZrO ₂ $V_{th} = 2.65$
τ_{on} [ms]	6.7 ± 0.5	3.4 ± 0.3	-48.8	14.0 ± 0.4	7.4 ± 0.7
τ_{off} [ms]	4.6 ± 0.3	3.2 ± 0.2	-30.0	9.8 ± 0.4	8.5 ± 0.6
τ_r [ms]	5.0 ± 0.2	2.9 ± 0.2	-43.0	10.8 ± 0.3	6.7 ± 0.5
τ_i [ms]	4.1 ± 0.2	2.9 ± 0.2	-30.2	8.8 ± 0.2	7.9 ± 0.5
$\tau_{on} + \tau_{off}$ [ms]	11.2 ± 0.7	6.6 ± 0.5	-41.2	23.7 ± 0.8	16.0 ± 1.2

*改善率：共同研究先との標準化で、マイナスが向上、プラスは低下を示す。

3.2 ± 0.2 ms へ 30.0%と大幅に短縮した。低温 0 °C でも、ナノ粒子分散によって立下がり応答時間 τ_{off} は、9.8 ± 0.4 ms から 8.5 ± 0.6 ms へ 12.7 %と、ナノ粒子無分散と比較し、応答時間短縮効果が得られた。以上、P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を用いることで、低温での応答時間の大幅な短縮を達成した。

P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 の応答時間の改善のメカニズムを考察するため、物性値の測定を行った。TN-LCD の応答時間 τ_{off} は、以下の式で表される。

$$\tau_{off} = \gamma_1 d^2 / \pi^2 K$$

ここで液晶の弾性定数 K、回転粘性率 γ_1 、セルギャップ d である。これより回転粘性率 γ_1 の低下によって応答時間は短縮されるので、無分散 NTN-01 と P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 について γ_1 を測定した。無分散 NTN-01 の γ_1 が 0.040 Pa·s に対し、P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散することで、0.032 Pa·s へと 20%減少した。次に、P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 のネマティック-アイソトロピック相転移温度 (T_{NI}) を測定した結果、NTN-01 の T_{NI} は 79.1 °C から、ナノ粒子を分散することにより 74.6 °C へ、4.5 °C 低下した。このように液晶の物性値に変化が見られたことから、ナノ粒子の分散は Bulk 効果を示すものと考えられる。

ナノ粒子分散による Bulk 効果がどのようなものであるかを考察するために、セルギャップが 20 μm と厚く、配向膜表面からの影響が少ない ECB セルを用いて V-T カーブを測定した。25 °C の無分散 NTN-01、25 °C の P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01、30 °C の無分散 NTN-01 について測定した。ナノ粒子を分散すると、無分散よりも低電圧側にシフトした。また 30 °C 無分散 NTN-01 でも低電圧シフトが見られた。このことからナノ粒子を分散すると温度上昇と同様の傾向を示すことが明らかになった。経験則として、液晶の温度が上がるとその配向秩序度は低下することが知られている。ナノ粒子が液晶 Bulk に分散すると粒子を囲むような配向や粒子間を連結するような通常とは異なる配向状態が生じると想定される。これをセル全体として見ると配向状態が乱れ、温度を上げた状態に相当すると考えられる(図 2)。そして

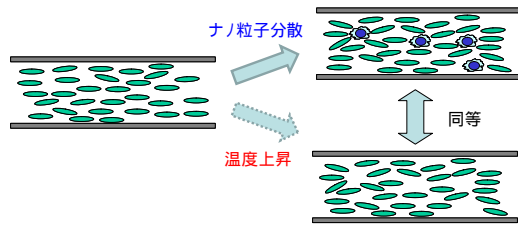


図2 ナノ粒子分散によるLCDの配向秩序度低下の模式図

この配向状態の乱れが応答時間短縮の要因である。

現在の液晶ディスプレイの駆動方法として主に用いられているのが、薄膜トランジスタ(Thin Film Transistor: TFT)駆動である。TFT 駆動は、電界効果トランジスタを用いて任意の電圧を印加することで液晶を駆動した後、液晶自身に印加電圧を保持させることで駆動状態を維持する手法である。したがって、ナノ粒子添加液晶を実用化液晶に応用する際には、電場を遮断した後に、電極間の電圧が保持されていることが必要である。そこで、実用化へ向けて基礎的知見を得るために電圧保持率の測定を行った。無分散 NTN-01 と P CyD-ZrO₂ ナノ粒子分散 NTN-01 の電圧を遮断後の電極間電圧の減衰の経時変化(電圧保持率)を測定した。NTN-01 は TFT 用の電圧保持率の高い液晶であり、ナノ粒子無分散の NTN-01 の電圧保持率は 99.3%であった。P CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した NTN-01 では 98.3%と高い電圧保持率を示し、98% を保持していることから、実用化に向けての、課題をクリアーしている。この結果は、P CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散しても電圧低下の原因となるイオン等の夾雑物をほとんど含まず、かつナノ粒子自身も安定であることを示している。

ナノ粒子分散液晶のテストセルベースでは、期待した効果が得られたため、次にこの P CyD-ZrO₂ ナノ粒子を用いて、試作機の作製を行った。試作機は、岡谷電機産業に委託し作製した。なお、NTN-01 は揮発性成分が含まれており、委託工場では真空注入できないため、単純マトリックス用液晶 RDP-A3200 およびカイラル剤が添加された RDP-A3200 E035 を用いた。P CyD-ZrO₂ ナノ粒子は、工場の行程における 4 時間の真空注入にも耐え、図 3 に示す試作機の作製に成功した。P CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した試作機は正常に動作した。応答時間は無分散 RDP-A3200 が 9.4 ms、無分散 RDP-A3200 E035 が 8.3 ms であったのに対し、P CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散した RDP-A3200 E035 の応答時間は 7.8 ms と無分散 RDP-A3200 より 17.0%、無分散 RDP-A3200 E035 より 6.0%短縮し、試作機においても応答時間の短縮を達成した。カイラル剤は TN-LCD において液晶のねじれの向きを定めるために用いられるキラル分子であ



図3 P-CyD-ZrO₂ ナノ粒子を分散したFSC-LCD 試作機

り、通常実用化されている TN-LCD には使用されている。したがって、試作機において、カイラル剤の存在下でナノ粒子の分散により、応答時間が短縮したことで、実用化への期待が持たれた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 10 件)

1. Y. Shiraishi, H. Sawai R. Tsujihata, S. Kobayashi and N. Toshima, Effect of Particle Size on Electro-Optic Properties of Liquid Crystal Devices Doped with α -Cyclodextrin Stabilized Barium Titanate Nanoparticles, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, in press (2015). 査読有. DOI 10.1080/15421406.2015.1028000
2. S. Kobayashi, M. Akimoto, K. Takatoh, Y. Shiraishi, H. Sawai, N. Toshima, K. Takeuchi, K. Kotani, M. Kaneoya, K. Takeishi, H. Takatsu, Electro-Optical Properties of LCD Doped with Nanoparticles and with Optical Compensators: Ways for Fast Response, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **594(1)**, 21-30 (2014). 査読有. DOI: 10.1080/15421406.2014.917462
3. 白石幸英, 田中誠, 澤井寛哉, 大木妙子, 戸嶋直樹, 超音波/マイクロ波法によるポリ(α -シクロデキストリン)/ジルコニアナノ粒子複合材料の創製と応用, *高分子論文集*, **71(10)**, 467-470 (2014). 査読有. DOI: <http://doi.org/10.1295/koron.71.467>
4. 白石幸英, ナノ粒子を用いた省エネ高性能液晶, *ケミカルエンジニアリング*, **59(5)**, 37-42 (2014). 査読無. <http://www.kako-sha.co.jp/chembackno.htm>

5. Y. Shiraishi, T. Uehara H. Sawai, H. Kakiuchi, and N. Toshima, Electro-Optic Properties of Liquid Crystal Devices Doped with Cucurbituril-protected Zirconia Nanowires, *Colloids and Surf. A*, **460**, 90-94 (2014). 査読有. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.03.060>

6. H. Sawai, Y. Shiraishi, T. Miyama, S. Kobayashi, and N. Toshima, Zirconia Nanocolloids Having A Nanospace of Poly(cyclodextrin): Preparation and Application to Liquid Crystal Devices, *J. Nanoscience Nanotechnology*, **14**, 2217-2224 (2014). 査読有. DOI: <http://dx.doi.org/10.1166/jnn.2014.8486>

7. Y. Shiraishi, S. Kobayashi and N. Toshima, Improvement of the Performance of Liquid Crystal Displays by Doping with Supramolecule-Protected Metal Nanoparticles, *Israel Journal of Chemistry*, **52(10)**, 908-916 (2012). 査読有. DOI: 10.1002/ijch.201200031

8. H. Sawai, T. Matsuura, H. Kakiuchi, T. Ohgi, Y. Shiraishi, and N. Toshima, Preparation and Electro-optic Properties of Liquid Crystal Devices Doped with Cucurbituril-Protected Gold Nanowires, *Chem. Lett*, **41**, 1160-1162 (2012). 査読有. DOI:10.1246/cl.2012.1160

9. Y. Shiraishi, K. Sugihara, N. Okamura, H. Sawai, S. Kobayashi and N. Toshima, Fast Electro-Optic Switching of Twisted Nematic LCD Doped with Cyclodextrin Capped Silica Nanoparticles, *Macromolecular Symposia*, **317-318**, 28-33 (2012). 査読有. DOI: 10.1002/masy.201100066

10. 小林駿介, 白石幸英, 澤井寛哉, 戸嶋直樹, 見山友裕, 高津晴義, 竹内清文, NTN-FSC-LCD を用いたグリーンデジタルサイネージ, *月刊ディスプレイ*, **18(6)**, 58-60 (2012). 査読無. <http://www.fujisan.co.jp/product/1281681957/b/list/>

〔学会発表〕(計8件) 主要な8件を示す。

1. S. Kobayashi, Y. Shiraishi and H. Takatsu, Fast

Response LCDs by Doping Nanoparticles and Optical Compensation, *The 21st International Display Workshops*, 2014.12.3-5. , Niigata, (Japan).

2. H. Sawai, T. Sasaki H. Kakiuchi, and Y. Shiraishi, Synthesis and Function of Fullerene/Calix[6]arene-Protected Rhodium Hybrid Nanoparticles, 5th European Chemistry Congresses (EuCheM), 2014.9.1., Istanbul, (Turkey).

3. Y. Shiraishi, H. Sawai, R. Tsujihata, S. Kobayashi, and N. Toshima, Improvement of Performance of Liquid Crystal Displays Doped with Cyclodextrin Stabilized Barium Titanate Nanoparticles, 25th International Liquid Crystal Conference (ILCC 2014), 2014.6.30., Dublin, (Ireland).

4. Y. Shiraishi, H. Sawai, S. Kobayashi, and N. Toshima, Fast Switching of Twisted Nematic Liquid Crystal Displays Doped with Poly(cyclodextrin) Protected Zirconia Nanoparticles, 7th Asian Cyclodextrin Conference (7th ACC), 2013.11.27., Bangkok, (Thai).

5. Y. Shiraishi, T. Uehara H. Sawai, H. Kakiuchi, and N. Toshima, Electro-Optic Properties of Liquid Crystal Devices Doped with Cucurbituril-protected Zirconia Nanowires, 27th Conference of European Colloid and Interface Society (ECIS 2013), 2013.9.1-6., Sofia, (Bulgaria).

6. Y. Shiraishi (Invited), Improvement of the Performance of Liquid Crystal Displays by Doping with Inclusion Compound-Protected Nanoparticles, 2nd International Workshop on Green Innovation, 2013.3.11., SanyoOnoda, (Japan).

7. Y. Shiraishi, H. Sawai, S. Kobayashi, and N. Toshima, Electro-Optic Properties of LCD Fabricated by Doped with Poly(Cyclodextrin) Stabilized Zirconia Nanoparticles, 26th International Carbohydrate Symposium (ICS2012), 2012.7.25., Madrid, (Spain).

8. Y. Shiraishi, T. Matsuura, H. Sawai, H. Kakiuchi, T. Ohgi, and N. Toshima, Preparation and electro-optic properties of liquid crystal devices doped with cucurbituril-protected gold nanowires, International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference, 2012.5.17., Sendai, (Japan).

他 国内学会発表 20 件

(図書)(計2件)

1. 白石幸英, 金属ナノ粒子の分散・安定化, 金属ナノ・マイクロ粒子の最新技術と応用, シーエムシー出版, 39-44 (2013).

2. Y. Shiraishi, N. Nishida, and N. Toshima, Fabrication of Liquid Crystal Displays Containing Capped Nanoparticles and Their Electro-Optic Properties, *Electrical Phenomena at Interfaces and Biointerfaces: Fundamentals and Applications in Nano-, Bio-, and Environmental Sciences*, Edited by H. Ohshima, WILEY 373-389 (2012).

[産業財産権]

出願状況(計3件)

名称:液晶表示素子の出力光の均一化方法及び液晶表示素子

発明者:小林駿介, 白石幸英, 穰本光弘, 戸嶋直樹, 武石健造, 高津晴義, 小谷邦彦

権利者:DIC(株), 学校法人東京理科大学

種類:特許

番号:特願 2014-223427

出願年月日:2014.10.31.

国内外の別:国内

名称:液晶組成物

発明者:高津晴義, 武石健造, 小谷邦彦, 山下行也, 小林駿介, 白石幸英, 戸嶋直樹

権利者:DIC(株), 学校法人東京理科大学

種類:特許

番号:特願 2013-248649

出願年月日:2013.11.29.

国内外の別:国内

名称:液晶組成物

発明者:戸嶋直樹, 白石幸英, 澤井寛哉, 垣内秀志, 小林駿介, 小谷邦彦

権利者:DIC(株), 学校法人東京理科大学

種類:特許

番号:特願 2013-149635

出願年月日:2013.07.18.

国内外の別:国内

取得状況(計3件)

名称:液晶素子材料とそれを用いた液晶素子と液晶素子材料の製造方法

発明者:戸嶋直樹, 西田直人, 久保田有紀, 白石幸英, 小林駿介

権利者:学校法人東京理科大学

種類:特許

番号:特許第 5196401

出願年月日:2008.08.08.

取得年月日:2013.05.15.

国内外の別:国内

名称:液晶添加剤及びその使用方法ならびに液晶表示素子

発明者:戸嶋直樹, 白石幸英, 岡村伸明, 西田直人

権利者:学校法人東京理科大学

種類:特許

番号:特許第 4982896

出願年月日:2007.08.23.

取得年月日:2012.07.25.

国内外の別:国内

名称:液晶電気光学素子の駆動方法

発明者:小林駿介, 戸嶋直樹, 白石幸英

権利者:学校法人東京理科大学

種類:特許

番号:特許第 4911658

出願年月日:2004.5.14.

取得年月日:2012.04.04.

国内外の別:国内

[その他]

ホームページ

<http://www.rs.tus.ac.jp/shiraishi/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

白石 幸英(SHIRAISHI YUKIHIDE)

山口東京理科大学・工学部・教授

研究者番号:60289303