

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560003

研究課題名(和文) 液晶分子の配向方向とアンカリング力の制御：液晶材料からのアプローチ

研究課題名(英文) Control of alignment direction of liquid crystals and anchoring strength: approach from liquid crystal materials

研究代表者

山口 留美子 (Yamaguchi, Rumiko)

秋田大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30170799

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：液晶分子骨格基、末端基、極性基の種類とそれら組み合わせが異なるネマチック液晶を用い、側鎖型高分子ラビング膜上での配向特性を明らかにした。次に、ラビング方向に垂直に配向する液晶と平行に配向する液晶を混合し、その混合率と配向方位およびアンカリング力との関係を調べた。配向方位と液晶の化学構造の関係には、液晶の極性の有無が大きく影響していること、混合液晶においては、高分子膜上での選択的吸収が生じていることを示唆する結果が得られた。これらの結果は、液晶ディスプレイにおける表示ムラ、焼き付きなどの欠陥に、ある特定の液晶材料が原因で生じていることを示唆するものである。

研究成果の概要(英文)：Easy axes of rubbed polymers with aromatic sidechains have been investigated by using depends liquid crystals (LCs) which have different chemical structures of core substances, end substances and polar groups. Two LCs which align parallel and perpendicular to the rubbing direction are mixed and the alignment direction were clarified. Azimuthal anchoring energy is varied by using the LC mixture more than one order of magnitude. A selective adsorption of a certain liquid crystal material in the mixture is suggested on the alignment polymer. In LC displays, LC mixtures with many different chemical structures are used. The alignment phenomena which cause the alignment direction variation and the decrease of the anchoring energy by mixing LCs may contribute to an image sticking and luminance non-uniformity (clouding, mura) in LC display.

研究分野：光電子デバイス

キーワード：ネマチック液晶 配向膜 高分子 ラビング アンカリング

1. 研究開始当初の背景

液体のように流動性をもつ棒状液晶分子をデバイスに応用するとき、液晶に結晶性を発現させるために、分子の長軸方向を一方にそろえる「配向技術」が不可欠となる。一般的には、基板上に形成された配向膜で、液晶分子を数～数十ミクロンの厚さに挟み込み、一様な液晶配向状態を実現している。産業的には、ガラス基板上に高分子(ポリイミド)膜を塗布し、表面を布でこする「ラビング」によって配向処理を施し、配向膜としている。このような液晶分子の配向技術は、“高分子材料とその薄膜表面の処理方法が決まれば、液晶分子の配向方向も一方的に決定する”との考えに基づいて行われている。そこでの液晶材料の影響は、ほとんど議論されてこなかった。

これに対し申請者等は、「同一高分子配向膜の上で、液晶分子の配向方向が液晶材料の骨格構造により90°異なる」現象を初めて見出した。その後、類似の結果が他のグループより報告され、液晶の配向に関し、新たなメカニズムを加える必要性が明らかにされてきた。

2. 研究の目的

従来の配向膜からの一方的な配向制御ではない、液晶分子の影響を積極的に取り入れた配向制御を目的とし、「液晶分子の配向方向が、液晶材料の化学構造により異なる」配向現象の検証例を増やすとともに、配向方向の異なる液晶を混合することで、液晶材料によるアンカリング力の制御技術の提案を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

高分子材料として主に側鎖型高分子を対象とし、液晶においては化学構造の違いに着目した材料を数多く用いることで、液晶分子の影響を積極的に取り入れた配向制御を行うため、下記の研究を行う。

(1) 高分子配向膜における配向方向の液晶材料依存性の解明

ラビング処理を施した高分子配向膜上に液晶一様配向させ、その光学異方性を測定することで液晶分子の配向方向を決定する。棒状液晶の化学構造は、環構造からなる骨格基とその両端にある末端基が基本となる。骨格基として、環構造にフェニル環、シクロヘキサン環、ピリミジン環、を有するものを用いる。末端基の種類としてアルキル鎖、シアノ、フッ素を、さらには骨格基の側位にシアノやフッ素を有する液晶を評価する。

(2) 液晶材料の混合による配向方向変化の解析
配向方向が異なる液晶をそれぞれ混合し、配向方向を決めている要因の影響力の違いを明らかにする。混合液晶材料として、◎同じ骨格基に対し、異なる「末端基の種類、極性基の種類、極性基の位置、アルキル鎖長」、◎同じ末端基に対し、異なる「骨格基の種類」、に着目した選定を行う。

(3) アンカリング力の検討

「液晶材料の混合による配向方向変化」の結果から、配向方向が切り替わる周辺の混合領域に着目し、アンカリング力の測定を行う。アンカリン

グ力が概知の基板と組み合わせ、“トルクバランス法”を適用して行う。また、弱アンカリング力においては、ニールオール欠陥線の解析することで測定する。

4. 研究成果

(1) 高分子配向膜における配向方向の液晶材料依存性の解明

① 環構造側鎖を有するラビング高分子膜上の液晶配向特性

6種類の側鎖型高分子と、骨格基と末端基がそれぞれ異なる15種類のネマチック液晶において、ラビング方向と配向方向の関係を調べた結果を表1に示す。ラビング膜の遅相軸は、いずれの高分子もラビング方向と垂直である。すべての液晶はプラナー配向を示した。PSでは、MBBA(LC1)とニュートラルなトラン液晶(LC2)がラビング方向と平行に配向した。すべての液晶においてPS膜が数時間で溶解し、相転移以上に加熱することでも一様な配向を示さなくなるため、配向観察はすべてネマチック相のみの接触で行っている。

ポリビニルシンナメート(PVCI)膜では、直線UV照射により偏光方向と垂直に液晶の容易軸が発生することで知られている。また、ラビング処理されたPVCI膜では、シンナモイル側鎖が主鎖と垂直に配列することで、膜の遅相軸はラビング方向と垂直になることから、液晶分子も面内においてラビング方向と垂直に配向するとされている。しかし、表1に示すように、容易軸がラビング方向と平行に発現する液晶材料の特徴として、液晶分子の化学構造において両末端がアルキル基であり、フッ素やシアノ基などの極性基を持たないことが明らかとなった。

ポリビニルイミダゾル(PVIZ)のラビング膜では、Frunza等により液晶依存性が報告されているが、観察液晶を増やしたところ、PSの結果に加えLC3,LC4の液晶でもラビング方向と平行に配向

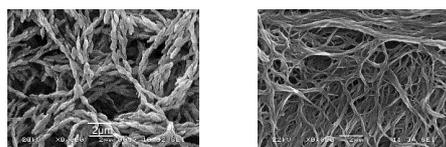
表1 ネマチック液晶の配向方位とラビング方向の関係

	PS	PVIZ	P4VPy	PVCI	PVK	P2VPy
LC1		//	//	//	//	//
LC2		//	//	//	//	//
LC3		⊥	//	//	//	//
LC4		⊥	//	//	//	//
LC5		⊥	⊥	//	//	//
LC6		⊥	⊥	⊥	//	//
LC7		⊥	⊥	⊥	⊥	//
LC8		⊥	⊥	⊥	⊥	//
LC9		⊥	⊥	⊥	⊥	//
LC10		⊥	⊥	⊥	⊥	//
LC11		⊥	⊥	⊥	⊥	//
LC12		⊥	⊥	//	⊥	//
LC13		⊥	⊥	⊥	⊥	//
LC14		⊥	⊥	⊥	⊥	//
LC15		⊥	⊥	⊥	⊥	//

した。極性基を有する液晶ではすべてラビング方向に対し垂直な配向となっている。ポリ 4-ビニルピリジン(P4VPy)は、ラビング方向に対し垂直配向という報告があるが、LC6を除くニュートラル液晶(LC1-5)は平行に配向する。加えて、極性基を有する液晶の中でも LC12 は平行に配向することが注目される。このように、液晶の配向方位に対し極性基の有無の影響は大きいと思われるが、骨格基(環構造やブリッジ)の影響は高分子材料毎に異なっていることがわかる。

ポリビニルカルバゾル(PVK)はラビング方向に対し垂直配向と報告されてきたが、それらはネマチック相封入時での結果であり、等方相注入またはネマチック相封入後の加熱により平行な配向へと変化する。ポリ 2-ビニルピリジン(P2VPy)は、従来の報告どおり平行な配向方向を示したが、ほとんどの液晶で PVK と同様に、ネマチック相封入時は垂直、等方相注入またはネマチック相封入後の加熱により平行な配向への変化、が観察された。PVK と P2VPy では、安定な配向方向はラビングに対し平行であり、液晶材料による違いは観察されなかった。

一方、光反応によって高分子化する液晶と通常の(低分子)液晶の複合系において、従来は高分子材料が変わると複合系素子の高分子モフォロジーが大きく変化し、それに伴って電気光学特性も大きく変化することが多数報告されているが、本研究において、液晶材料依存性が発現することを示した。同一液晶材料に対して、異なる高分子材料を組み合わせたとき発現する典型的な2種類のモフォロジーがあるが、同一高分子材料に異なる液晶材料を組み合わせることによっても、この2つのモフォロジーを発現させることができた(図1)。すなわち、液晶材料が高分子の重合過程にも大きな影響を与えることを明らかにした。



(a) トラン系液晶 (b) ビフェニル系液晶

図1 高分子複合系液晶における高分子モフォロジーの SEM 写真

② 配向メカニズムの検討

シリコンラバーによる PVIz 膜のラビングを行った。シリコンラバーの表面は SEM 観察では平坦であることを確認している(図2(a))。ポリエステル布による強いラビング時の PVI 表面の AFM 像(図2(b))はでマイクログループが形成されているのが、シリコンラバーによるラビングでは、非常に平坦な表面であることがわかる(図2(c))。液晶材料による配向方向は(b), (c)いずれの表面でも同じ結果が得られた。ポリイミドラビング膜におけるすべての液晶および PVIz 膜上における 5CB(LC7)がラビング方向と垂直に配向するメ

カニズムとしては、マイクログループなどの形状異方性ではなく、分子間力異方性により液晶分子は遅相軸に平行配向する、として説明される。一方、これまで遅相軸に垂直に配向するメカニズムは、マイクログループによる形状異方性であるとする論文が報告されているが、今回の結果より、MBBA とトラン系ニュートラル液晶(LC2)では図2(c)の結果からマイクログループは遅相軸に垂直な配向原因から除かれることがわかる。したがって、これまでとは異なる分子間力異方性の配向への寄与、たとえば主鎖の寄与、配向膜分子と液晶分子のパッキング、などがそのメカニズムとして検討されることになる。

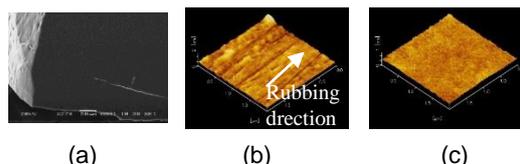


図2 (a)シリコンラバーの SEM 写真, (b)布によるラビング表面の AFM 写真, (c)シリコンラバーによるラビング表面の AFM 写真。

(2) 液晶材料の混合による配向方向変化の解析

① PVCi ラビング膜における液晶骨格基の容易軸への影響

PVCi ラビング膜において、異なる面内容易軸方向を発現する液晶の混合系を作製し、容易軸の変化を調べ、液晶分子の化学構造の違いによる影響を検討した。

ラビング処理のみ(UV 未照射)の配向表面において、MBBA と 5CB, PECN(LC11), CECN(LC9), PYCN(LC10), ZLI-1083(LC8)をそれぞれ混合したときの配向容易軸の関係を、図3に示す。垂直配向を示す比率が強くなる順に並べている。液晶研究の基準として使用される 5CB は 80wt% 程度以下になると 5CB 本来の配向を示さなくなる。しかし、5CB にエステル基をブリッジとして導入した液晶(PECN), 5CB のフェニル環 1 つをピリジン環に置換した構造の液晶(PYCN)は、MBBA が 10wt% 含まれるだけで本来のラビング方向に垂直に発現する影響を示さなくなる。5CB のフェニル環 1 つをシクロヘキサ

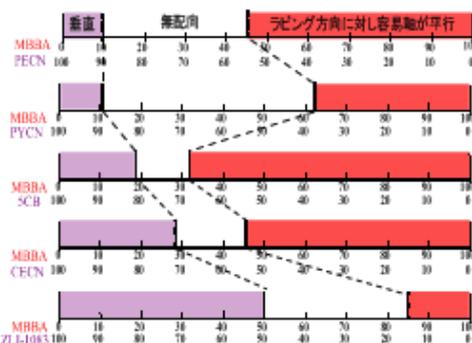


図3 PVCi ラビング膜における液晶混合割合と配向方向

ン環に置換した構造の ZLI-1083, ZLI-1083 にエステル基をブリッジとして導入した液晶(CECN)においては, CECN では 70wt%, ZLI-1083 では 50wt%までは垂直に発現する。そのため, ラビング方向と垂直に配向する効果は, シクロヘキサン環が強く影響すると考えられる。

②PVIz 配向ラビング膜における容易軸の混合液晶材料依存性

混合系液晶材料の配向結果を図4に示す。PE と MBBA の混合系では PE が 56w%の濃度までならば垂直配向を示しているが, 53w%以下では MBBA の影響力の方が大きくなり平行配向を示した。それに対して PECN と MBBA の混合系では PECN の濃度が 31w%まで垂直配向を示し, PE よりも低い混合濃度で垂直配向を発現した。PE と PECN の化学構造を比較すると, PE のアルコキシ基が PECN ではシアノ基に置き換わった構造となっている。すなわちアルコキシ基よりもシアノ基の方が垂直配向を発現させる影響力は強いと考えられる。次に PECN と PYCN を比較すると共に 31%で垂直配向を示した。PYCN は PECN のフェニル環がピリジン環に置き換わった構造となっていることから, フェニル環とピリジン環の垂直配向発現への影響力は大きく変わらないと考えられる。CECN と F1 (LC12)を比較すると, 垂直配向を示した濃度は CECN が濃度 31w%, F1 が濃度 75w%であった。CECN は F1 のフッ素基がシアノ基に置き換わった構造となっていることから, 垂直配向影響力はフッ素基よりもシアノ基の方が強いと考えられる。PECN と CECN を比較すると共に 31w%まで垂直配向を示した。また 5CB と ZLI1083 を比較すると, 5CB

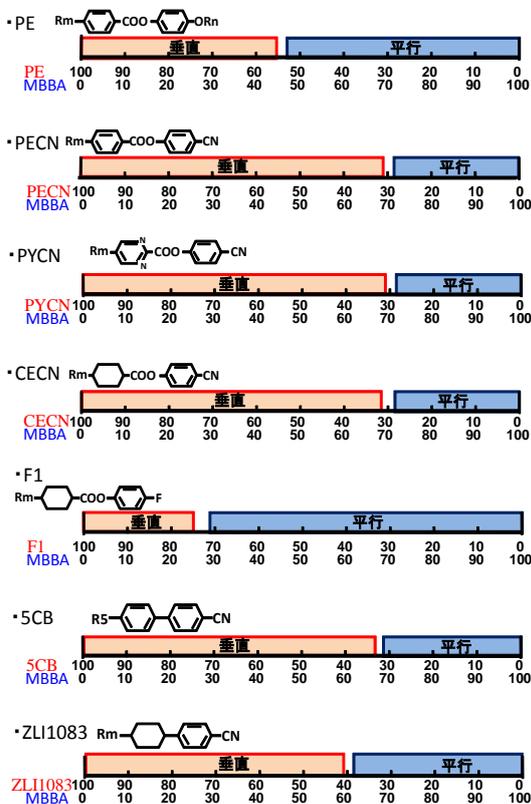


図4 PVIz ラビング膜における液晶混合割合と配向方向

が 34w%の濃度まで垂直配向を示したのに対し ZLI1083 では 41w%の濃度まで垂直配向を示し ZLI1083の方が少し垂直配向を示すために必要な濃度が高くなった。PECN と CECN, 5CB と ZLI1083 はそれぞれ二つのフェニル環のうち一つがシクロヘキサン環に置き換わった構造となっている。配向結果からフェニル環とシクロヘキサン環の垂直配向影響力は大きく変わらないことが考えられる。PVCi 上の配向結果と比較したとき, PVIz 上では PVCi よりも無配向を示す液晶混合割合が狭くなり, また液晶材料の環構造の違いによる垂直配向影響力への影響は小さい事が示唆された。

③ポリ4ビニルピリジン (P4VPy) ラビング膜における容易軸の混合液晶材料依存性

MBBA 混合系液晶の混合率と配向方位の関係を図5に示す。PECN 液晶では混合率を 53%にするとラビング方向と垂直に配向し, 50%以下では平行に配向した。PE 液晶では 86%混合しなければ垂直に配向しなかった。83%以下の混合率では平行に配向した。同様に, 片 ZLI-1083 液晶では混合率を 44%にするとラビング方向と垂直に配向し, 41%以下では平行に配向した。PCH 液晶では 94%混合しなければ垂直に配向しなかった。91%以下では平行に配向した。したがって, 末端基に CN 基を有する液晶は垂直配向させる影響力が強く, 末端基がアルキル基の場合は垂直配向させる力が弱いということがわかった。

5CB では, 混合率が 50%ではラビング方向と垂直に配向し, 47%以下では平行に配向した。CECN 液晶では 59%の混合率では垂直に配向し, 56%以下の混合率では平行に配向した。同様に PYCN 液晶では混合率が 50%以上のときは垂直に配向し, 47%以下の場合には平行に配向した。末端基の違いに比べて, 環構造の違いやエステル基の有無については, 配向方位が切り

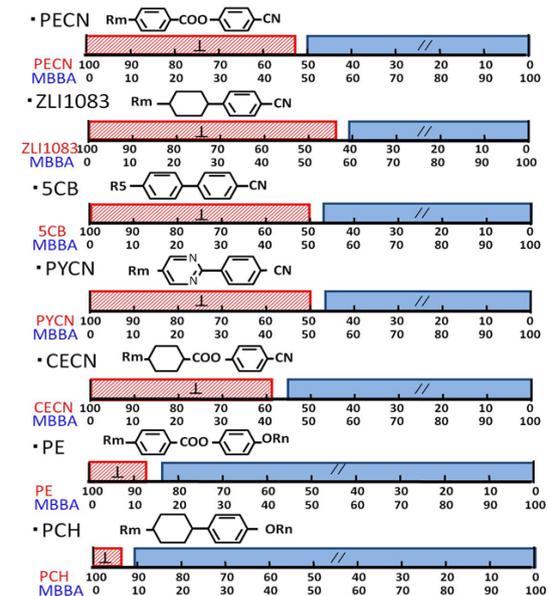


図5 P4VPy ラビング膜における MBBA 混合液晶の配向方向

替わる混合率に大きな変化は見られなかった。

PT (LC2) 混合系液晶の混合率と配向方位の関係を調べた結果、PECN では混合率を 41% にすると垂直に配向し、38% 以下では平行に配向した。CECN では混合率を 44% にすると垂直に配向し、41% 以下では平行に配向した。PE では混合率を 81% にすると垂直に配向し、78% 以下では平行に配向した。これらの結果から、MBBA を PT に変えても混合系液晶の特性はあまり変化しないことがわかった。

(3) アンカリング力の検討

架橋反応を施した PVCi 膜と PI 膜と組み合わせてトルクバランス方より方位角アンカリング力を測定した。混合比率が PECN, MBBA の 100% の状態では 90°TN 配向に近く、そのねじれ角は 86°, 87°となり方位角アンカリング力は 8×10^{-6} N/m, 1×10^{-5} N/m となった。一方、無配向領域に近い 52:48, 43:57 では、ねじれ角が低下し、76°, 70°となり、方位角アンカリング力も 2×10^{-6} N/m, 1×10^{-6} N/m と低下している。無配向領域の 46:54 は TN 配向にならず、光が透過している。そのため、方位角アンカリング力がさらに低下していると言える。これらより、液晶の混合により方位角アンカリング力が低下していると考えられる。

次に、P4VPy ラビング膜における、MBBA と 5CB の混合系、PECN の混合系、PE の混合系

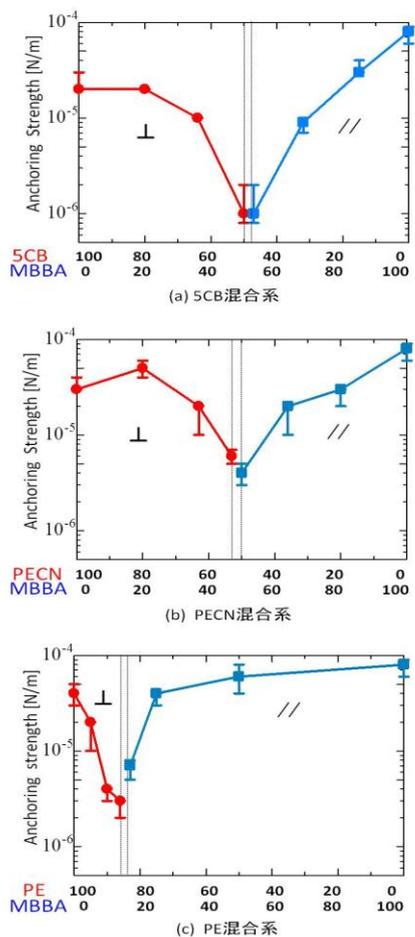


図6 混合液晶のアンカリング力

液晶の混合率と方位角アンカリング力の関係を図6に示す。5CB 混合系、PECN 混合系の場合、配向方位が変化する濃度付近でアンカリング力が減少した。垂直に配向させる影響力が弱い PE の混合系においても同様に配向方位が変化する濃度でアンカリング力が減少したが、PE の濃度が 0% から 75% まででは変化が少なく、75% から 83% の間で急激にアンカリング力が減少した。この結果から PE がニュートラル液晶であるのに対し MBBA は極性を持っているため P4VPy 膜に優先的に MBBA が吸着し、PE の濃度が 75% 以下の場合には膜の近傍に MBBA が支配的に存在していると考えられる。また図5.6の PE 混合系の配向結果から PE に対する P4VPy ラビング膜のアンカリング力は PECN に比べ低い値であると予想されたが、PE, PECN のアンカリング力は、それぞれ 3×10^{-5} N/m, 4×10^{-5} N/m と同程度であった。

(4) まとめ

液晶分子骨格基、末端基、極性基の種類とそれら組み合わせが異なるネマチック液晶を用い、PVCi, PVIz, P4VPy ラビング膜上での配向特性を明らかにした。次に、ラビング方向に垂直に配向する液晶と平行に配向する液晶を混合し、その混合率と配向方位およびアンカリング力との関係を調べた。配向方位と液晶の化学構造の関係には、配向異方位変化には液晶の末端基が大きく影響しており、骨格基の影響は小さいことを明らかにした。

また、配向方位が変化する濃度付近では、方位角アンカリング力が減少することを示した。ラビング方向と垂直に配向する影響力が弱い液晶 (ex. PE) アンカリング力が、ラビング方向と垂直に配向する影響力が強い液晶 (ex. 5CB, PECN) と同程度であることから、配向方位変化への影響力の大小と方位角アンカリング力の強弱は関係していない可能性が示唆された。このことは、混合液晶においては、高分子膜上での選択的吸収が生じていることを示唆している。

現在ディスプレイ等に用いられている液晶は、そのほとんどが混合系液晶である。主鎖型ポリイミド以外の材料で配向膜を作製するとき、これらの結果は、混合に用いた液晶の中に異なる配向方位を示す液晶が用いられている可能性、またそのような液晶が、表示ムラ、焼き付きなどの欠陥の原因になる可能性を示している。

従来は、配向膜の特性のみから、液晶の配向現象・配向メカニズムが論じられてきたが、液晶材料により配向方向が異なる現象を理解することで、液晶の配向現象が“液晶分子と配向膜の協力現象である”こと、液晶側にも配向方向の選択権を持たせる、ことができることを明らかにした。液晶側から積極的に配向特性を変えることは、今後の液晶応用に有益なという視点を与えるものである。さらに、アンカリング制御が可能となったことは、メモリ効果や双安定効果を用いた電子ペーパーの創製へ寄与できるとともに、新規な液晶材料合成研究において、配向特性を意識した分子デザイン、合成指針を与えることができた。

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 4 件)

1. R. Yamaguchi and S. Sakurai, “Cell Thickness Dependence on Electric Optical Property of Reverse Mode Liquid Crystal Display”, *J. Photopolym. Sci. Technol.*, 27 (3), pp. 287-290 (2014), DOI.10.2494, 査読有.
2. R. Yamaguchi, M. Nishimura and M. Ikeya, “Azimuthal Anchoring Change by Liquid Crystal Mixtures on Poly(Vinyl Cinnamate) Film”, *J. Photopolym. Sci. Technol.* 26 (3), pp. 393-396 (2013), DOI: 10.2494, 査読有.
3. R. Yamaguchi, K. Goto, “Effect of morphology on the electro-optical property in reverse mode liquid crystal display”, *IEICE TRANS. ELECTRON.*, E5-C (11), pp. 1752-1755 (2012) DOI:10.1587, 査読有.
4. R. Yamaguchi, K. Goto and O. Yaroshchu, “Electro-optical Properties and Morphology of Reverse Scattering Mode TN LCD”, *J. Photopolym. Sci. Technol.*, 25 (3), pp. 313-316 (2012), DOI: 10.2494, 査読有.

[学会発表](計 15 件)

1. 山口 留美子, 長沼 耀太, 小館 輝, “ポリビニルイミダゾールのラビング膜における液晶配向特性—液晶材料の選択的吸着—”, 第 62 回応用物理学関係連合講演会, 12a-D2-9, 2015 年 3 月 11-14 日, (東海大学 湘南キャンパス)。
2. 小館 輝, 井出翔太, 山口留美子, “ポリ 4 ビニルピリジンのラビング膜における配向特性の混合液晶材料依存性”, 発光型/非発光型ディスプレイ合同研究会, EID2014-52, 2015 年 1 月 22-23 日, pp.95-98 (龍谷大学響都ホール交友会館 京都)
3. R. Yamaguchi, M. Nishimura and A. Kodate, “Azimuth easy axis and anchoring control of rubbed polymers by liquid crystal mixture (invited paper)”, The 21th International Display Workshops, LCT5-1, p.62-65, 3rd-5th Dec. 2014, (トキメッセ 新潟)。
4. 小館 輝, 井出翔太, 山口留美子, “ポリ 4 ビニルピリジンのラビング膜における混合液晶の配向特性に関する研究”, 2014 年日本液晶学会討論会, PB05, 2014 年 9 月 8-10 日 (くにびきメッセ 松江)。
5. R. Yamaguchi, T. Takasu and S. Mizukuchi, “Influence of liquid crystal materials on polymer morphology in polymer stabilized liquid crystal cell”, JLCS International Conference on Liquid Crystal 2014, 1A24, p. 5, 8-9th Sept. 2014, (くにびきメッセ 松江)。
6. R. Yamaguchi, T. Takasu and S. Mizukuchi, “Polymer network morphology in reverse mode liquid crystal cell (invited paper)”, The 18th International Symposium on Advanced Display Materials and Devices (ADMD2014), IL03 p.49,

- 24-25th July 2014, (東北大学 片平さくらホール).
7. R. Yamaguchi, M. Nishimura and A. Kodate, “Liquid crystal alignment parallel to fast axis on rubbed polymers”, The 25th International Liquid Crystal Conference (ILCC2014), P3.007, 29th June – 4th July 2014, (Trinity College Dublin, Ireland).
8. R. Yamaguchi, K. Goto, S. Mizukuchi, “Polymer network morphology and electro-optical performance in reverse mode liquid crystals: The influence of liquid crystal materials (invited paper)”, The 8th International Symposium on Organic Molecular Electronics, I-02, pp.6-7, 15-16th May 2014, (東京農工大学 小金井キャンパス)。
9. 西村宗仁, 山口 留美子, “ポリビニルイミダゾール配向膜容易軸の混合系液晶材料依存性”2013 年日本液晶学会討論会講演予稿集, 2b09, 2013 年 9 月 8-10 日, (大阪大学 豊中キャンパス)。
10. 山口 留美子, 西村 宗仁, 篠原 正樹, “ポリ 2 およびポリ 4 ビニルピリジン混合膜における液晶配向特性” 2013 年日本液晶学会討論会講演予稿集, PA51, 2013 年 9 月 8-10 日, (大阪大学 豊中キャンパス)。
11. R. Yamaguchi, K. Goto and S. Sakurai, “Low Driving Voltage of Reverse Mode Light Scattering Cell Using Positive Dielectric Anisotropy Liquid Crystal (invited paper)”, The 17th International Symposium on Advanced Display Materials and Devices (ADMD2013), pp.31-32, 27-28th June 2013, (Fudan Univ. Shanghai, China).
12. 西村宗仁, 山口 留美子, “PVI 配向膜の容易軸における液晶材料依存性”, 2012 年日本液晶学会討論会, 2C01, 2013 年 9 月 5-7 日, (千葉大学 西千葉キャンパス)。
13. R. Yamaguchi, M. Nishimura and M. Ikeya, “Azimuthal Anchoring Change by Liquid Crystal Mixtures on Poly(Vinyl Cinnamate) Film”, 30th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-30), B3-04, 26-28th June 2013 (千葉大学 西千葉キャンパス)。
14. R. Yamaguchi, M. Nishimura and M. Shinohara, “Azimuth Alignment Direction of Liquid Crystals on Rubbed Polymer Surfaces without Microgrooves”, The 1st Asian Conference on Liquid Crystals (ACLIC2012)”, PP-64, 16-18th Dec. 2012, (富士カーム 富士吉田)。
15. R. Yamaguchi, and M. Ikeya, “Liquid crystal alignment on rubbed polymers with aromatic pendant group”, The 24th International Liquid Crystal Conference, PII-134, 19-24th Aug. 2012, (Mainz, Germany).

6. 研究組織

(1)研究代表者

山口 留美子 (RUMIKO Yamaguchi)

秋田大学・大学院工学資源研究科・准教授
研究者番号:3017079