



企画番号：38

企画タイトル：液晶を活用した新規評価法の検討



No.38 プロジェクトリサーチ 活動報告書

アドバイザー：山本 伸一 教授

メンバー：Y200238 木村智史, Y200245 是木大輝, Y200285 福田拓海,
Y200292 松田侑真, Y200288 藤谷優輝, Y200306 吉井大和,
Y202004 邢健輝

概要

目的

本活動の目的は、山本研究室の研究テーマ（無機 EL、単分子膜、層状物質、量子ドット、液体金属）ごとに、R-Gap 期間にさらに研究発展につなげることである。また、液晶と各研究テーマを関連させることで、今後、応用展開の可能性を探る。

計画

本活動の計画は、まず液晶についての知識をつけ、液晶セルを作製する。その後、山本研究室の一人一人が自身の研究テーマのさらなる発展に向けて、液晶を活用した新規評価法の検討を行い研究を進める。

調査方法

この活動の調査方法は、最初に液晶について学習し、次に液晶セルを作製した。その後、自身の研究テーマへの応用方法を考察し、応用実験を行った

活動経過

2022 年 5 月度	活動開始
2022 年 6 月上旬	液晶セルの学習
2022 年 6 月中旬	液晶セルの作製開始
2022 年 7 月中旬	液晶セルの作製終了
2022 年 7 月下旬	液晶を用いた応用実験開始
2022 年 10 月下旬	プロジェクトリサーチ活動終了

成果・結果等

本活動の成果は、液晶についての知識、自作の液晶セルを作製、液晶を応用した自身の研究テーマの応用性の確認、同研究室の学生同士での協調性の四つである。

一つ目の液晶の知識をつけたことについて、これまで知らなかった液晶を学ぶことによって自身の知識が多くなったのと同時に、その学んだ知識を将来仕事などで生かせれると考える。

二つ目の自作の液晶セルを作製したことについて、液晶について学習した後に、実際に手を動かして作製したことにより、より深く作製方法が身につけられたと考える。

三つ目の液晶を応用した自身の研究テーマの実験を行ったことについて、学んだことをどう自身の研究テーマに応用するかを考えることによって、発想力、思考力や想像力が向上したと考える。

四つ目の同研究室の学生同士での協調性について、プロジェクトリサーチを行うことによって、コミュニケーションをとる回数や共同作業が増えたので、協調性、チームワークが向上したと考える。

本活動の結果は、作製した液晶セルと個人ごとに応用研究の結果を示す。

1. 目的

本活動の目的は、山本研究室の研究テーマ（無機 EL、単分子膜、層状物質、量子ドット、液体金属）ごとに、R-Gap 期間にさらに研究発展につなげることである。また、液晶と各研究テーマを関連させることで、今後、応用展開の可能性を探る。

2. 計画

本活動の計画は、まず液晶についての知識をつけ、液晶セルを作製する。その後、山本研究室の一人一人が自身の研究テーマのさらなる発展に向けて、液晶を活用した新規評価法の検討を行い、研究を進める。

調査方法

この活動の調査方法は、最初に液晶について学習し、次に液晶セルの作製、その次に自身の研究テーマへの応用方法を考察し、最後に応用実験を行った。

自作の液晶セルの作製方法は、簡単に説明すると ITO 基板 2 枚を配向膜成膜のため、PVA 水溶液調製を行った後に、はけを用いてラビングし、5 秒間ラビング方向に流水をあて、洗浄する。その後に 100°C 設定のホットプレート上に約 5 分置き、乾燥させる。次に乾燥させた ITO 基板間に 5mm×2cm のアルミホイルを挟んで重ね合わせ、クリップで固定し、端をアセトンで配向膜を拭き取り、除去する。そして液晶を注入し、偏向板を両面に貼り付けるというものである。

液晶を応用した研究は、研究テーマごと山本研究室の 5 研究テーマ（無機 EL、単分子膜、層状物質、量子ドット、液体金属）ごとに分かれて行った。

役割とテーマは以下のようにして行った。

会計担当 : 木村智史

無機 EL : 是木大輝、福田拓海、吉井大和

単分子膜 : 松田侑真、藤谷優輝

層状物質 : 木村智史

量子ドット : 邢健輝

液体金属 : 松田侑真

液晶 : 全員

3. 活動経過

2022 年 5 月度	活動開始
2022 年 6 月上旬	液晶セルの学習
2022 年 6 月中旬	液晶セルの作製開始
2022 年 7 月中旬	液晶セルの作製終了
2022 年 7 月下旬	液晶を用いた応用実験開始
2022 年 10 月下旬	プロジェクトリサーチ活動終了

4. 成果・結果等

5.1. 本活動の成果

本活動の成果は、液晶についての知識、主に自作の液晶セルを作製、液晶を応用した自身の研究テーマの応用性の確認、同研究室の学生同士での協調性の四つである。

一つ目の液晶の知識をつけたことについて、これまで知らなかった液晶を学ぶことによって自身の知識が多くなったのと同時に、その学んだ知識を将来仕事などで生かせれると考える。

二つ目の自作の液晶セルを作製したことについて、液晶について学習した後に、実際に手を動かして作製したことにより、より深く作製方法が身につけられたと考える。

三つ目の液晶を応用した自身の研究テーマの実験を行ったことについて、学んだことをどう自身の研究テーマに応用するか考えることによって、発想力、思考力や想像力が向上したと考える。

四つ目の同研究室の学生同士での協調性について、プロジェクトリサーチを行うことによって、コミュニケーションをとる回数や共同作業が増えたので、協調性、チームワークが向上したと考える。

5.2. 本活動の結果

本活動の結果は、液晶についてと個人ごとに応用研究の結果を示す。

A) 液晶について

まず液晶について、作製した液晶セルは以下の図1、2の通りである。
電圧をかけていないときが図1、かけたときが図2である。



図1 OFF

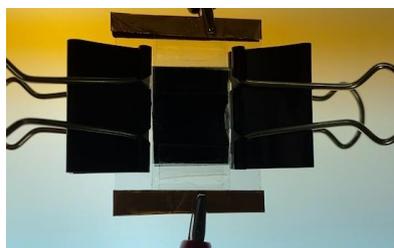


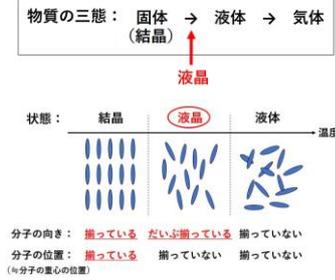
図2 ON

このように電圧をかけていないときに光を透過し、かけたときに光を透過しないので、液晶セルの作製に成功したといえる。

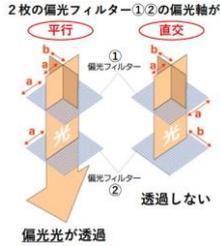
B) 次に液晶を応用した研究について、一人ずつの成果を示す。

液晶を活用した新規評価法の検討
 Investigation of a new evaluation method utilizing liquid crystals
龍谷大理工, 山本 伸一
 S.-I. Yamamoto
 E-mail : shin@rins.ryukoku.ac.jp

研究背景

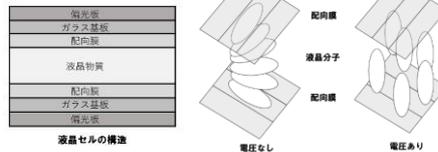


液晶とは、液体と固体の中間の状態であり、温度や濃度の条件の変化により、位置は変化できるが方向の秩序がある程度保たれている状態の物質のことを言う。

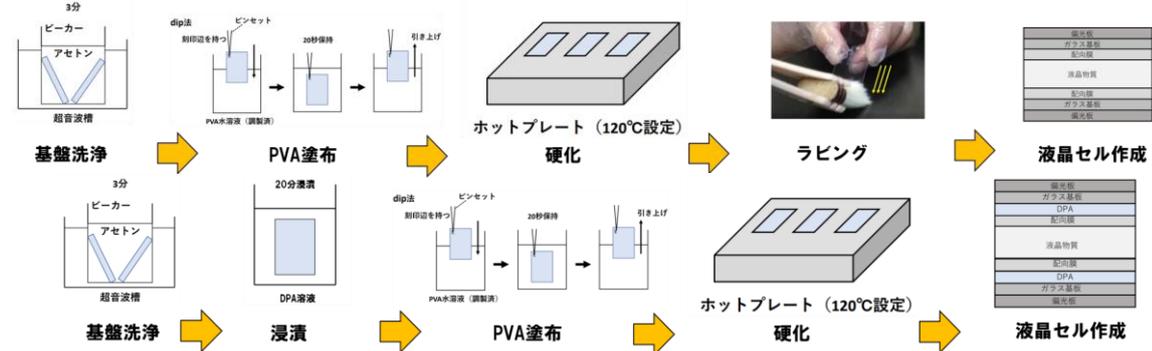


・2枚の偏光フィルターを同じ偏光方向に並べると光を通す。
 ・2枚の偏光フィルターを光の偏光方向が直行するように並べると光を遮断する。

偏向板が直交しているとき、2枚目の偏光板を光は通過できないが、配向された液晶分子の層を間に入れることにより、電圧をかけた状態で液晶セルの中を光がおると光が液晶分子に沿って90度回転して光が透過するようになる。



実験手順



実験結果

	ITO PVA DPA	ITO PVA
接触角	 73.6	 74.2

PVAの上にDPAを成膜しても接触角は変わらなかった。

	ITO	ITO DPA	ITO DPA PVA
接触角	 測定不能	 92.4	 76.2

ITOの上にはDPAが成膜できる

	15V	10V	5V	0V
液晶セル				
DPAを成膜した液晶セル				

DPAを成膜したガラス基板を用いて作った液晶は、いくら電圧をかけても変化することはなかった。

→単分子による配向変化は見られなかった

まとめ

PVAの上にはDPAはつかないことが分かった。
 DPAの上にPVAを成膜したところ、接触角変化はなかった。またDPAの上にPVAを成膜して液晶を作成したが、電圧かけた配向が変化することはなかった。

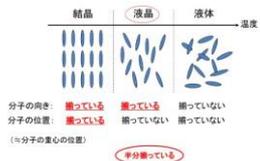
液晶の無機ELへの応用

Application of Liquid Crystal to Inorganic EL

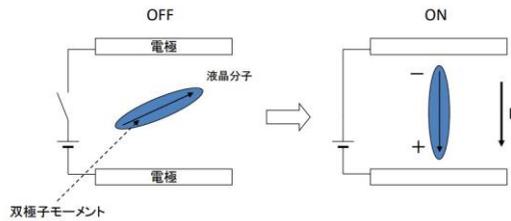
龍谷大学 先端理工学部 電子情報通信課程
Y200245 是木大輝 指導教員 山本伸一 教授

はじめに

液晶とは



- ・固体と液体の中間状態
- ・固体の規則性と液体の流動性を兼ね備えている



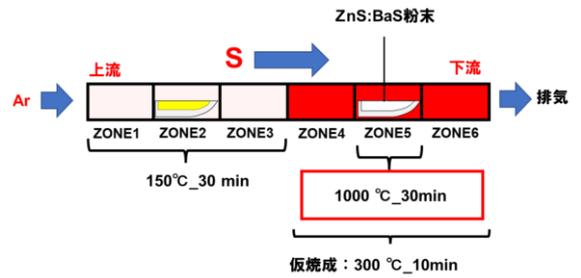
- ・液晶分子は電解で動く
- ・電解内の電荷の偏りやすさ

実験方法2

ZnS:BaS=1:2.5



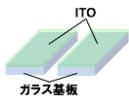
1. ZnSとBaSの混合



2. 固相反応法によるBa₂ZnS₃の作製

実験方法1

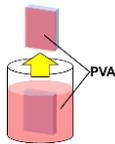
配向膜成膜



1. ガラス基板を切断



2. 超音波洗浄

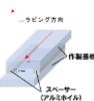


3. PVA塗布



4. ラビング

セルの作成



1. セル組立



2. 配向膜を拭き取り導電テープを貼る

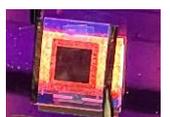
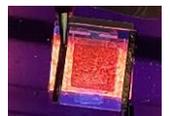
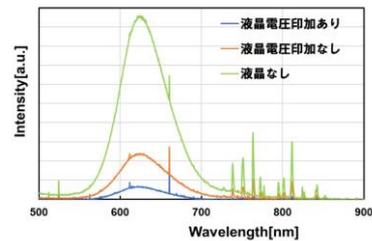


3. 液晶注入

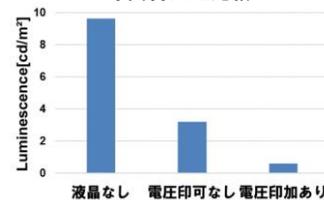


4. 偏光板の貼り付け

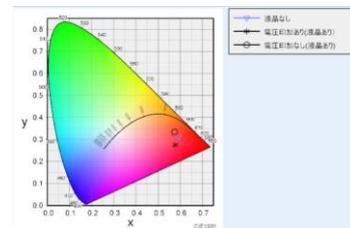
結果



本試料のPL比較



本試料の輝度図



本試料の色度図

無機ELに液晶を挟むことで輝度が低下する。
液晶に電圧を印加すると輝度が低下する。
光利用効率は33.2%

まとめ

液晶セルに電圧を印可することで、無機ELの輝度を変更することができた。液晶セルを間に挟むことが輝度を低下する原因である輝度向上のために、光利用効率を上げるかバックライトに使用する光源をもっと輝度の高いものを変更することが必要とされる。

液晶の応用方法について

Liquid crystal application method

龍谷大学, 吉井大和, 和辻浩一, 大竹忠, 山本伸一
Ryukoku Univ. Y. Yoshi, K. Wani, T. Ohtame, S.-I. Yamamoto

Introduction

● 液晶(Liquid crystal)

状態: 結晶 → 液晶 → 液体 → 温度



分子の向き: 揃っている だいたい揃っている 揃っていない
分子の位置: 揃っている 揃っていない 揃っていない
(※分子の重心の位置)

配向秩序度: 1 0.4~0.7 0



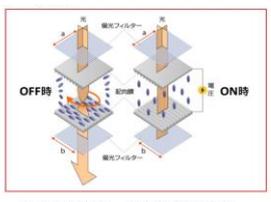
液晶ディスプレイ、液晶テレビ

<特徴>

- 液体の流動性と結晶の規則性の双方を兼ね備えている

<動作方法>

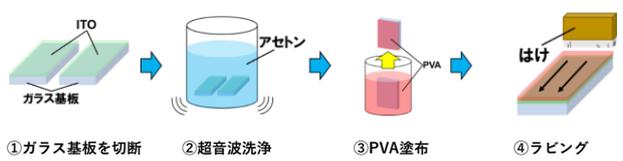
- 配向膜の成膜により液晶分子が90度ねじれ、光を90度ねじれた状態で透過する
- 電圧をかけることにより液晶が立ち上がり、配向膜と垂直になり光をそのまま透過する
- 2枚の偏光板の偏光方向を組み合わせることで、光の透過量をコントロールすることができる



電圧OFF時のみ、偏光光が透過する

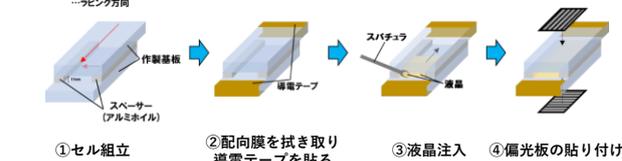
Experiments 1 液晶セルの作製方法

配向膜成膜



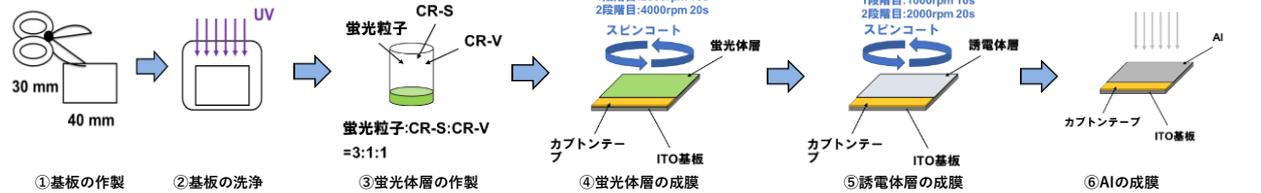
①ガラス基板を切断 ②超音波洗浄 ③PVA塗布 ④ラビング

セルの作成



①セル組立 ②配向膜を拭き取り導電テープを貼る ③液晶注入 ④偏光板の貼り付け

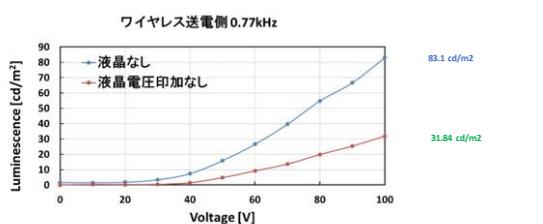
Experiments 2 無機ELの作製方法



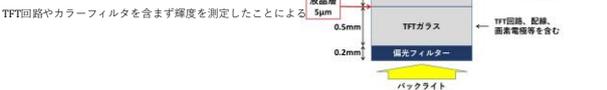
①基板の作製 ②基板の洗浄 ③蛍光体層の作製 ④蛍光体層の成膜 ⑤誘電体層の成膜 ⑥Alの成膜

Results

● コイル用いた無機ELをバックライトにした時の輝度特性

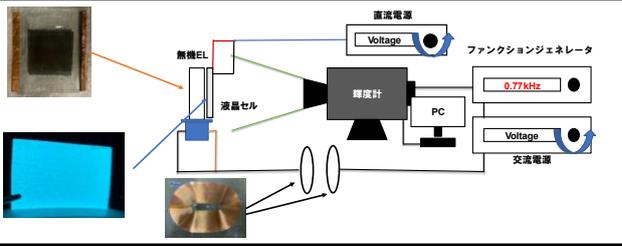


$$\text{光利用効率} = \frac{31.84}{83.1} \times 100 = 38.32\%$$

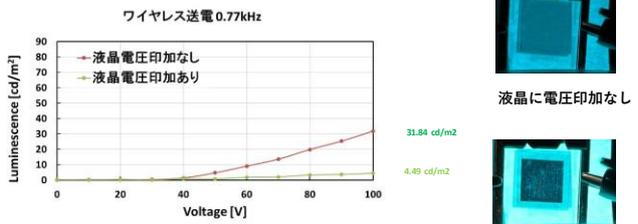


- 無機ELに液晶を挟むことにより輝度が低下する
- 光利用効率は38.32%だった

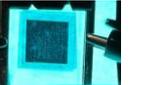
輝度の測定方法



● 液晶を動作させた時の輝度特性



液晶に電圧印加なし



液晶に電圧印加あり

- 液晶に電圧を印加すると輝度が低くなる

Conclusion

- 液晶セルに電圧を印加することにより無機ELの輝度を変更することに成功した
- 液晶セルを間に挟むことにより輝度が低下するため光利用効率を上げるか、バックライトに使用する光源をもっと輝度の高いものを変更することが必要

分散型無機ELを光源とした液晶セルの評価

Evaluation of Liquid Crystal Cell Using Dispersed Inorganic EL as Light Source

龍谷大先端理工 福田拓海 大竹忠 山本伸一
Ryukoku Univ. T.Fukuda T.Ootake S.Yamamoto

はじめに

液晶とは

液体と結晶の中間の物質
液体のような流動性と、結晶のような異方性を兼ね備えた物質である。

結晶	液晶	液体

SCB :4-ペンチル-4'-シアノビフェニル

CCCCCc1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)C#N

電子の偏りが小さい 約0.5 nm
約2 nm 電子の偏りが大きい

電界の印加により液晶の向きをコントロールできる

液晶セルの動作原理

- 縦方向の光のみ透過
- ラビングによって液晶の動きを固定
- 90° ねじれた液晶が光を横方向に回転させる
- 横方向の光のみ透過

電圧OFF 電圧ON

光を透過 非透過

液晶ディスプレイの動作模式図

- 液晶の特性を利用することで、光の透過/遮断をコントロールできる

液晶セルの応用

- バックライトとして無機EL(発光デバイス)を使用し、ディスプレイの作製を検討した

液晶の応用例

TV スマートフォン

液晶セルの作製手順

- 1. 配向膜を成膜**
PVA水溶液(ポリビニルアルコール) 20秒保持 引き上げ 引き上げ方向 ラビング方向
- 2. 硬化**
120°C ホットプレート
- 3. ラビング**
ラビング方向に、強めに50回 一方にこする 刷毛
- 4. 組み立て**
ITO面の間にスペーサー アルミホイル 厚さ=11µm
- 5. 配向膜の除去**
導電テープを張る ITO面の配向膜をアセトンで拭く
- 6. 液晶注入**
加熱した液晶を注入 ラビング方向に偏光板貼り付け
- 7. 偏光板貼り付け**
偏光軸とラビング方向を揃える
- 8. 再配向処理**
70°C 5min → 流動配向や異常配向を解消

測定方法

無機EL 液晶 輝度計

交流電源 (0~170V) 直流電源 (5V)

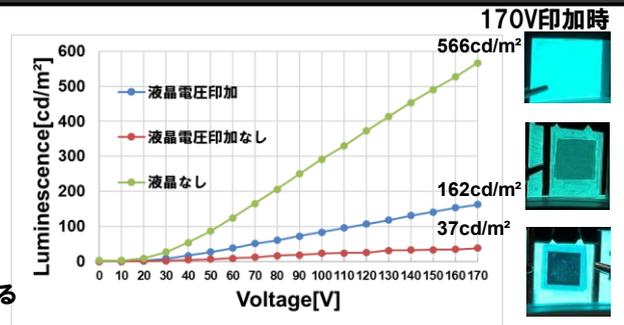
輝度計で測定

実験結果

- 液晶セルを重ねると輝度が低下する
- 液晶セルに電圧を印加すると、液晶が立ち上がり光を通さなくなり、さらに輝度が低下する

コントラスト比=Lmax/Lmin=3.026
 相対輝度L=0.2126 × R + 0.7152 × G + 0.0722 × B

液晶ディスプレイで使用するには
 コントラスト比が7以上必要であるので
 バックライトの輝度向上と液晶の配向を改善する必要がある



液晶を活用した新規評価法の検討

Investigation of a new evaluation method using liquid crystals

龍谷大理工 ○松田 佑真, 大竹 忠, 山本 伸一
Ryukoku Univ., ○Y. Matsuda, T.Ohtake, S.-I. Yamamoto

液晶とは

物質の三態: 固体 → 液体 → 気体
(結晶) ↑
液晶

液晶は液体と固体の中間の状態のことを指す

結晶

分子の向き: 揃っている
分子の位置: 揃っている

液晶

分子の向き: 揃っている
分子の位置: 揃っていない

液体

分子の向き: 揃っていない
分子の位置: 揃っていない

温度

CCCCCc1ccc(cc1)-c2ccc(cc2)C#N
 4-ペンチル-4'-シアノビフェニル
 (4-Pentyl-4'-cyano-biphenyl)
 代表的な液晶分子
 5CB → 炭素数5個

液晶セルの動作原理

配向し並んだ液晶
→ 電圧をかけて液晶分子の向きを配向することができる

その性質を利用して、偏光フィルタを垂直に合わせることで光の透過を制御することができる

液晶セルの構造

偏光板

ITO基板

配向膜

スペース

配向膜

ITO基板

偏光板

液晶ディスプレイの作成手順

- ITO基板 ← ITO層 (ガラス)
- ITO基板 → 配向膜塗布/硬化
- ITO基板 → ラビング (一方方向の物理的な擦りによって面内異方性を形成)
- ITO基板 → 貼り合わせ (ギャップを正確に保持し、2枚の基板を貼り合わせる)
- ITO基板 → 液晶注入 (注入口を予め作っておき、そこから注入)

偏光板貼付け (注入方向を考慮し、かつ上下で直交するように)

導電テープ貼付け・結線・点灯

蛍光灯

液晶セルの動作実証

2V	4V	6V
8V	10V	12V
14V	16V	

電圧を0Vから16Vで変化させ、透過率を測定した
 2V:100%, 4V:98%, 6V:90%, 8V:75%, 10V:30%, 12V:20%, 14V:5%, 16V:2%
 印加される電圧が高くなるほど透過率が低下した

閾値電圧 6V

6V付近から急激に透過率が低下した
→ 閾値電圧 6V

転写膜による配向変化

撥水性と粘性の両方を持つPDMS上に液体金属の酸化膜のみ入手

ITO基板 → ITO基板 → ITO基板

酸化膜転写 → PVA成膜

PDMSをITO基板に密着させることで転写した転写した酸化膜でPVA膜に配向を与えられるかどうかを検討した

低電圧 → 高電圧

PDMSで転写した酸化膜には配向性があることが分かった

まとめ

液晶について学習した
 電圧を上げていくと透過率が上がることが確認できた
 PDMSで転写した酸化膜には配向性があることが分かった

液晶ディスプレイと量子ドット
 龍谷大学 先端理工学部 電子情報通信課程
 Y202004 邢 健輝 指導教員 山本 伸一 教授

研究背景

液晶とは：
 固体(結晶)と液体の
 中間状態の名称の一つ
 (性状：粘性・白濁状態)
 液体と結晶の両方の
 性質を示す状態のこと



量子ドットとは：
 量子ドット(QDs)とは、ナノメートルサイズの世界に存在する小さな半導体粒子である。

量子ドットなら、
 粒径と吸収させる波長によって、
 さまざまな照明色を生成できる。

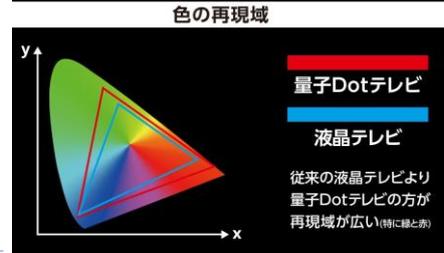
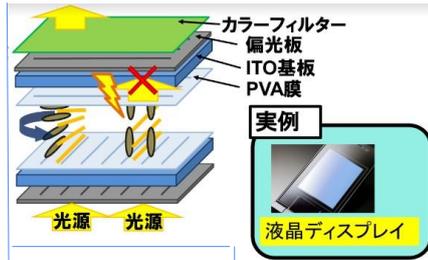
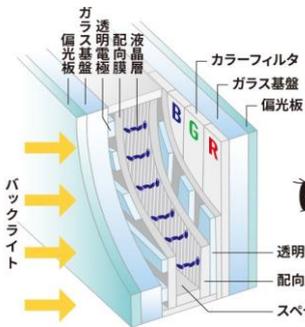


小 ← 粒径 → 大
 短 ← 発光波長 → 長

目的と応用

液晶分子は一定方向の溝を持つ膜に
 接触させると溝に沿って並び、
 電圧を印加すると電界に沿って並び

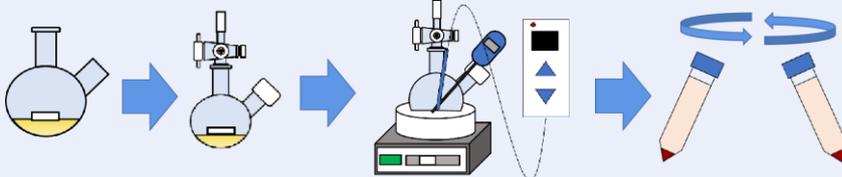
→ ディスプレイに応用



量子ドット液晶ディスプレイの構造

実験方法

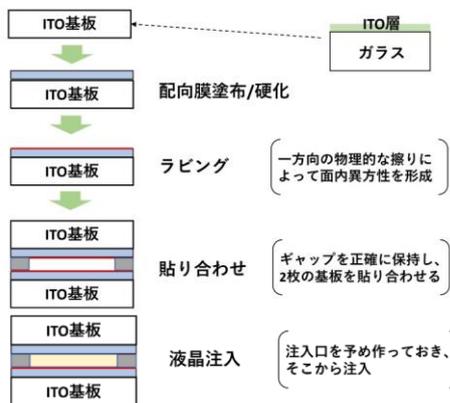
量子ドットの作製手順



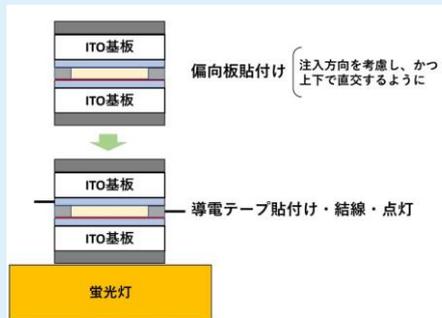
1. 試料の混合
2. 真空引き
3. 窒素置換の同時に加熱
4. S前駆体を入れる
5. 放冷
6. 遠心分離
7. シクロヘキサンで希釈
8. 結果の測定 (PL測定と色度図)



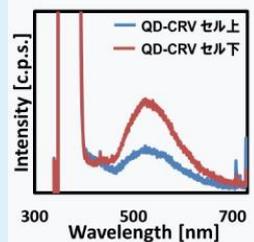
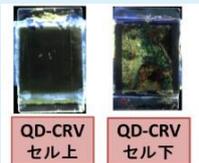
量子ドットの発光写真



液晶セルの作製手順



実験結果



まとめ：量子ドットを使うと画面の画質が改善され、より自然な色を現れることができる。
 量子ドットを液晶セルの下においたほうが発光強度が強かった

液晶を活用した新規評価法の検討

～研究室の研究テーマをさらなる発展に向けて～

アドバイザー: 山本 伸一教授

メンバー : 木村智史、是木大輝、福田拓海、松田侑真、藤谷優輝、吉井大和、邢健輝

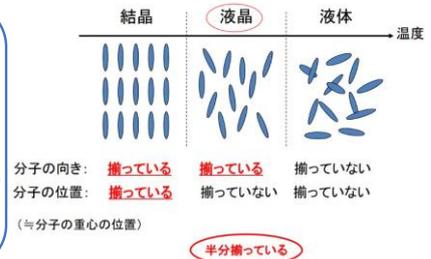
目的

山本研究室の5研究テーマ（無機EL、単分子膜、層状物質、量子ドット、液体金属）ごとに、R-Gap期間にさらに研究発展につなげる。また、液晶ディスプレイデバイスと各研究テーマを絡めることで、今後、応用展開の可能性を探る。

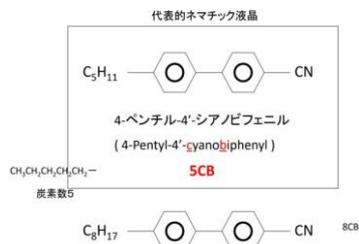
液晶について

<液晶とは>

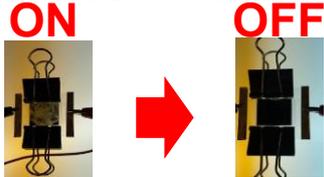
固体と液体との中間的な状態である物質。全体が液体のような流動性を示しながら、なお結晶に似た構造上の規則性をもち、光学的に異方性を示す。電磁力・圧力・温度などに敏感に応答するので、広く表示装置などに応用される。



<分子構造>



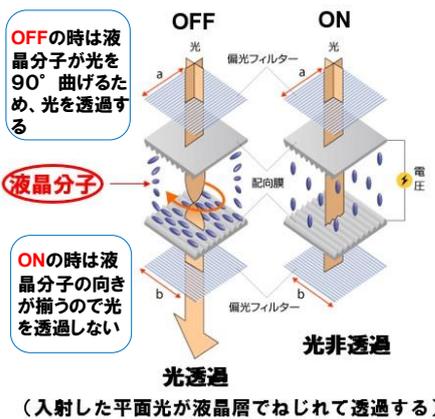
<実際に作製した液晶セル>



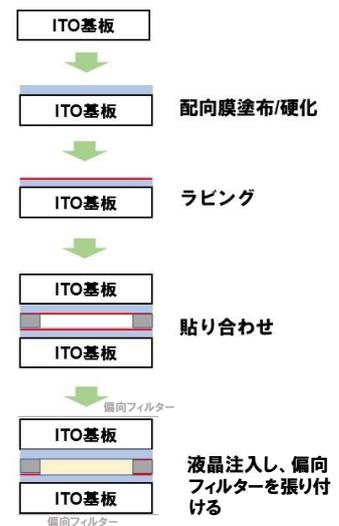
光が透過する

光が透過しない

<光の透過/非透過>



<液晶セルの作製プロセス>



<応用方法>

CVD後の単層のMoS₂の結晶がある基盤と洗浄のみの基盤をそれぞれ液晶をスピコートし、4hまで1hごと可視光を当て、光学顕微鏡で450倍で観測した

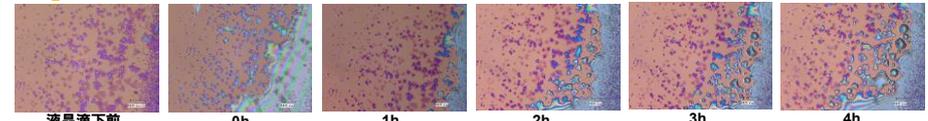


照射中の画像



<応用結果>

MoS₂あり



洗浄のみ



まとめ

応用結果の図から、単層のMoS₂の結晶がある基盤において、照射時間を長くするにつれて、液晶が広がっている様子がわかる。洗浄のみの基盤において、変化が見られなかった。また液晶が広がる部分はみられなかった。これより、液晶が広がった要因は単層のMoS₂があることだということがわかる