

論文内容要旨 (和文)

平成 22年度入学 博士後期課程

専攻名 有機材料工学専攻

氏 名 桃井優一

印



論文題目 配向界面での分子配向挙動の解明とそれに起因する液晶ディスプレイの開発

本論文は、6つの章から構成され、この第1章では、本論文を理解するための液晶ディスプレイの原理に関する一般論を述べ、続いてTN (Twisted Nematic) モードの視野角改善、非接触の液晶の配向制御方法やポストスペーサーによるセルギャップ制御など今日までの液晶ディスプレイ技術開発における要点を概説した。

第2章では、IPS(In-plane Switching)モードの液晶ディスプレイで交流(AC)駆動を長期間行うことでコントラストの低下をもたらす焼きつき現象を取り扱った。従来は、どのモードでも直流(DC)成分によって液晶に溶解している不純物イオンが集まり、オフセット電圧が発生して焼きつきの原因となることはさまざまな研究報告で明らかにされてきたが、IPSモードの長期AC駆動による焼きつき現象についてはあまり研究されてこなかった。この焼きつきの原因はポリイミド配向膜に記憶された液晶分子の配向ベクトルが、ラビングで規定される初期の配向方向からずれるためと考えられる。本研究では、約一か月間という長時間にわたり液晶ディスプレイをAC駆動しながら、液晶の配向方向のずれの測定を行った。

測定結果の考察から、ずれの挙動は高分子のレオロジーを記述する単純な Kelvin-Foigt モデルで説明することができた。すなわち、AC駆動を長期間間行うことで発生する焼きつき現象はポリイミド配向膜と液晶分子との相互作用によるアンカリング効果の影響のみならず、配向膜最表面のレオロジー的性質が支配的であることが分かった。ここまでの結果を基に、方位角アンカリングの測定法と長期AC駆動の焼きつきの違いについて考察した。強電場法とは、強い電場が短時間に印加されるため、液晶分子にツイストの強いトルクが発生する。ただし、時間が短いと粘性を持つポリイミド配向膜界面の変形はわずかととなり、このときの液晶分子とポリイミド配向膜のずれは液晶分子とポリイミド配向膜の間のアンカリングが支配的となる。

一方、今回の長期AC駆動の場合、弱い電圧が長期間にわたり印加されるため、液晶分子にツイストによる弱いトルクが長期にわたり発生する。液晶分子とポリイミド配向膜の間のレオロジーが支配的となり、電圧をOffした後では配向膜と液晶間のアンカリングは速やかにアンカリングのずれが消滅するものの、レオロジーで変形したポリイミド界面は粘性を持つため緩和するのに時間がかかり、そのレオロジーで変形したずれがIPSモードのAC焼きつきとして目視で見えてしまうと考察した。

第3章ではさらに深く議論するために、電界強度を変えて定量的な評価を行った結果、配向膜表面の Shear Modulus (G) は配向膜表面のひずみに比例することが分かった。このことから、GはBulk Modulusよりはるかに小さいことから、配向膜表面のガラス転移温度が下がり、ゴムのような低弾性であることがわかった。これは、(1)ポリイミド配向膜が主鎖構造を持ち、(2)ラビング工程により一軸に配向していること、(3)さらに液晶によって膨潤し濡れた状態であるという3つの要因でポリイミド表面分子が自由に動ける領域が増えたため、ポリイミド配向膜表面のガラス転移点が室温より低くなり、ゴムのような低弾性状態になっていると考察した。そ

の結果から、AC 焼きつきを防ぐための一つの方向として、単分子膜による液晶配向に着目した。

第4章では、液晶ディスプレイに不可欠とされるポリイミド配向膜の要らない液晶ディスプレイ開発に関するものである。現在主流となっている混合フッ素系液晶に溶解する液晶性デンドリマーを合成して液晶に溶解させることにより、ポリイミド配向膜なしでも安定した垂直配向となり、液晶表示が可能であることが分かった。インプレーン櫛歯電極構造を持つ画素構造とポジ型液晶の組み合わせることにより、ポリイミド配向膜の無い液晶ディスプレイを LCDA モードと名付けて提案した。TOF-SIMS 分析や SEM による表面分析、および目視観察の結果から、均一かつ単分子でガラス表面に液晶性デンドリマーが物理的に吸着していることを見出した。電気光学特性はデンドリマー吸着層の膜厚が薄いため、ポリイミド配向膜を使う場合より電気光学特性で低電圧駆動かつ高輝度になることを見出した。

山形大学で合成された液晶性デンドリマーを用いて、3.7 吋サイズの IPS モードで設計された TFT を使って、試作を実験室で行い配向膜の無い垂直配向モードの LCD が無事点灯できたことや LCDA モードを利用することによりガラス 1 枚で LCD が作製できた点について報告した。

第5章では総括を述べ、この論文のまとめとした。

第6章では、「結び」として太学から合成法を外部に移管して合成した液晶性デンドリマーを用いて、LG Display Paju 研究所の自動試作ラインを使って、韓国側のスタッフの協力で配向膜ポリイミドを使わずに LCDA モードの 17 インチ WXGA の TFT-LCD の試作を行い、その Demo が無事成功したことを報告した。

(注) ① タイプ、ワープロ等を用いてください。10pt 2,000 字程度 (2 頁以内) とします。

② 論文題目が英文の場合は、題目の下に和訳を () を付して併記してください。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成25年 8月 6日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 香田 智則

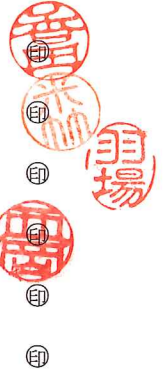
副査 米竹 孝一郎

副査 羽場 修

副査 西岡 昭博

副査

副査



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 有機材料工学専攻

氏 名 桃井 優一

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記する。)

配向界面での分子配向挙動の解明とそれに起因する液晶ディスプレイの開発

3. 審査年月日

論文審査 平成25年 7月24日 ~ 平成25年 8月 6日

論文公聴会 平成25年 8月 6日

場所 工学部4号館112号室

最終試験 平成25年 8月 6日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入する。)

(1) 学位論文審査 合格

(2) 最終試験 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別 紙

専 攻 名	有機材料工学専攻	氏 名	桃井 優一
学位論文の審査結果の要旨			
本論文は、液晶ディスプレイの開発において重要な、液晶分子の配向の制御に関するものである。液晶の配向と基板界面との相互作用という観点で、液晶ディスプレイに関わる開発研究をまとめている。液晶ディスプレイは、液晶分子の配向を電場に応答させ、透過する光を制御する素子から成り立っている。液晶を電場に応答させる際に、液晶材料が保持される基板の界面で、いかに安定に自在に液晶分子を制御するか、ということが、液晶ディスプレイの品質を左右する大きな要因となる。 本論文は、全体で6つの章から構成されている。第1章では、仕組み、方式などの、液晶ディスプレイ開発の概要が述べられているとともに、ディスプレイの開発者として申請者が本論文の内容に至るまでに得た知見について説明がされている。 第2章、第3章では、液晶ディスプレイの不良の一つである「焼きつき」の原因解明に関して述べている。「焼きつき」とは、長時間同じ画像を写し出したときに、画像を消去した後にも、映し出していた画像が残ってしまう現象のことである。申請者は、ディスプレイメーカーに勤めながら、社会人として本専攻で学んできた。すなわち、第2章、第3章は、ディスプレイメーカーの人間がディスプレイの不良について議論するという、貴重な内容となっている。第2章では、数百時間におよぶ液晶ディスプレイの駆動の際に、どのように焼きつきが起こるかを時系列で解析した結果が示されている。そして、液晶ディスプレイの焼きつきが、液晶分子の配向を制御するポリイミド膜の粘弾性挙動であるということを結論している。第3章では、焼きつき現象とディスプレイを駆動する電場の強度の関係から、液晶を配向させるポリイミド膜の弾性率を評価することについて述べている。 第4章は、山形大学とディスプレイメーカーとの共同研究の成果として発明された、Liquid Crystal Dendrimer Alignment (LCDA) という技術に関して述べられている。従来の液晶ディスプレイでは、液晶分子の配向制御にポリイミド膜が不可欠であった。LCDA は、このポリイミド膜なしで配向制御を行う技術である。 第5章は、本論文のまとめである。また、第6章では結びとして、申請者が関わった共同研究の成果への想いが記されている。 本論文の内容の一部は、2報の査読付きの論文:Journal of the SID, 20(9), (2012)486-492、Journal of the SID, 18(2), (2010)134-140 として公表されている。この論文は、液晶ディスプレイ開発における問題点を指摘し解決していく一連の過程を申請者の視点でまとめたものであり、独自性もあり、学位論文としての内容も十分なものである。以上のことから、本論文の審査結果を合格と判定する。			
最終試験の結果の要旨			
学位論文公聴会における発表および口頭試問により、関連ある科目について最終試験を行った。発表は分かりやすく、内容も博士として十分なものであった。口頭試問への回答も的確で、申請者の学力も博士に相応しいものと判定できた。以上のことから、申請者の最終試験を合格と判定する。			

※ () 内の説明は、削除の上、記載願います。