

論文内容の要旨

氏名 合田 和矢

液晶表示素子は、液晶材料の魅力的な特性の一つである複屈折性を利用した表示素子である。現在では、液晶表示素子は産業的に著しく発展し、大型表示素子からモバイル端末にまで幅広い地位を築いた。一方で、近年競合する表示素子として有機 EL (Organic Electro-Luminescence) が目覚ましい発展を遂げている。液晶表示素子は、他の表示素子に対して揺るがない地位を築くためにも、さらなる高精細化が期待されている。液晶表示素子の高精細化を図るためには、屈折率等の液晶材料の物性値の選定や、セル厚、プレチルト角、界面アンカリングエネルギーのようなデバイスパラメータの設計が必要となる。そのため、物性値やデバイスパラメータを測定することは、液晶表示素子の高精細化に繋がる。さらに、不良解析に応用することで、生産性の向上を図ることも可能となる。

このような社会的期待に応えるために、液晶表示素子のデバイスパラメータを統合的に評価する手法として、偏光解析法が注目を浴びている。これまで、偏光解析法による液晶表示素子の統合的評価は行われてきたが、測定時の制約や、評価可能な表示モードが限られている等、未だ確立されているとは言えない。そこで、本研究では、「繰込みエリプソメトリ」を応用し、これまで評価が困難とされてきた表示モードに対して、そのデバイスパラメータの評価手法を確立することで、繰込みエリプソメトリの応用展開の可能性を示すことを目的とした。

初めに、本研究では、透過型繰込みエリプソメトリを応用し、デバイスパラメータの評価に最も重要となる物性値の一つである液晶材料の屈折率波長分散の評価を行った。これまで、分光エリプソメータによる屈折率波長分散の評価手法が提案されてきたが、測定回数が多く、その評価手順も煩雑であることから、より簡易的な手法かつ、様々な表示モードに対して屈折率波長分散を評価する手法を確立する必要がある。本手法では、ECB, TN LCD に対して高精度なセル厚決定を実現するために、Jones matrix 法を適用した。また、Abbe 屈折率計により測定された任意の波長における屈折率を導入し、45° 斜入射で測定した (Δ, Ψ) を用いた数値解析を行うことで、ECB, TN LCD に対する屈折率波長分散の評価を可能とした。

本手法ではさらに、透過型繰込みエリプソメトリの応用として、Bistable hybrid TN LCD, Guest-Host LCD, カラーフィルタ付き LCD のデバイスパラメータの評価を試みた。

Bistable hybrid TN LCD は、低消費電力表示素子として今後期待されている。しかし、Bistable hybrid TN LCD は、双安定性を発現させるために 40° 程度の高プレチルト角が必要とされるが、デバイスパラメータの評価手法は未だ確立されていない。本研究では、多入射分光フィッティング法を適用することにより、これまで困難とされてきた高プレチルト角を有する Bistable hybrid TN LCD のデバイスパラメータの評価を可能とした。さらに、得られたデバイスパラメータから自由エネルギーを算出することにより、作製された試料が自発的に初期配向状態へと転移してしまう原因が、自由エネルギーの不一致によるもの

であることを見出した。

Guest-Host LCD は、2色性色素を液晶材料に添加することで、透過状態とカラー状態を切替えることができることから、偏光板等の光学フィルムが不要となり、コスト削減の観点から注目されている。しかし、2色性色素は、光吸収に異方性を持つことからデバイスパラメータの評価が困難であると考えられてきた。本手法では、Guest-Host LCD のデバイスパラメータの評価手法を確立するために、Guest-Host 液晶の吸収係数スペクトルについて調査を行った。吸収係数スペクトルは、配向処理を行った楔セルに対し、偏光を用いた透過率測定により、常光、異常光に対する吸収係数をそれぞれ分離して決定した。さらに、決定した吸収係数は、Gaussian 関数によりモデル化できることを示した。ここで、本手法では、2色性色素の光吸収が 10^{-3} オーダーと小さいことに着目し、実部に Cauchy の分散式、虚部に Gaussian 関数を持つ近似的な誘電関数の構築を行った。近似的な誘電関数を用いることにより、Guest-Host LCD のような光吸収に異方性を持つ場合においても、デバイスパラメータの評価を可能とした。

最後に、現在利用されている液晶表示素子の殆どがフルカラーLCDである。液晶表示素子の場合、フルカラー化を実現するために、カラーフィルタを素子内部に埋め込んでいる。しかし、生産現場において、様々な不良により歩留まり低下が問題視され、その原因究明に大きな労力を要している。そのため、実際の製品に対する液晶表示素子のデバイスパラメータの評価手法が期待されている。本研究では、理論的、実験的見解から、カラーフィルタの存在が偏光変調エリプソメータにより測定された (Δ, Ψ) に及ぼす影響について調査した。結果として、カラーフィルタが光学的に等方的である場合、カラーフィルタの有無に関わらず、カラーフィルタ付き LCD のデバイスパラメータ、方位角アンカリングエネルギーの評価が可能であることを示した。

以上のように、本研究では、様々な液晶表示素子に対して繰込みエリプソメトリの応用展開の可能性を示した。