

論文審査の結果の要旨

氏名 中村 肇

本論文は、題目「Liquid Crystal Display Devices for Motion Picture (動画表示液晶表示デバイスの研究)」が示すように、液晶表示デバイスの動画表示特性技術に関する研究である。論文は全八章からなり、各章の具体的内容は以下の通りである。

第一章では、本研究の背景と目的が述べられている。すなわち近年の通信技術の発展やデジタルテレビ放送の開始により動画表示の需要が増大しつつあるにもかかわらず本格的な動画対応液晶デバイスに関する研究がほとんどないのが現状であり、本研究はそのような制約下において動画表示特性を改善するためのオーバードライブとブランキングという技術およびそれを支える解析手法あるいはモデルを提案することが目的であるとしている。

第二章では、本論文の内容を理解するための前提知識として、液晶の基本的物性の初歩的な解説および近似モデルを用いた電気光学応答の簡単な紹介を行っている。そして典型的なデバイスとして、ツイストネマティック、インプレーンスイッチング、垂直配向、パイセル、強誘電液晶の動作原理および応答特性などの特徴について概要が示されている。

第三章は、液晶デバイスの電気光学応答の理論に関して、従来の弾性および誘電トルクだけで構成するのではなく、物性研究でのみ考慮されていた流体力学的フローを取り込み、さらに実際の液晶デバイスにおける時分割駆動の影響を考慮することにより、ダイレクターの応答を正確に記述するモデルを提示し、いくつかの代表的な例を与えている。このモデルは続く章で議論するオーバードライブ技術の理論的裏づけとなっている。

第四章では、高速性に欠ける液晶デバイスに対する有力な応答高速化の方法として、駆動系の変更により電気光学応答特性を改善する技術、すなわち、所定の電圧よりも大きい電圧を最初のフレームに加えることにより見かけの応答速度を改善するいわゆるオーバードライブ技術を、実験および前章で導入した計算モデルにより検討している。例えば、代表的なデバイスであるツイストネマティックに適用し顕著な応答速度の改善に成功している。同様の効果が得られるインプレーンスイッチングでは、フローや時分割駆動の影響がほとんど現れず、比較的簡単なダイレクター応答であるとの指摘も加えている。なお、第五章では、駆動系の変更を施すことなく同様の効果を得ることができる容量結合方式と呼ばれる方法も併せて検討し、効果があることを実証している。

第六章では、プラズマディスプレイの分野で用いられている動画像の基本的概念を発展させ、LCD では初めて動画品質の定量化およびその劣化の本質の解明を行うことができるモデルを導入している。このモデルが明らかにしたのは、(1) 有限の電気光学応答速度を有する液晶の場合に、その時間応答特性から形成されるべき像の空間プロファイルを一意的に導出できること、(2) インパルス型の発光を伴う CRT では移動速度に依らず元の画像を正確に再現できるのに対し、連続発光タイプである LCD では、移動速度に比例した観察像の幅の広がりおよび光強度の低下を定量的に記述できること、(3) ブランキングによりそのような液晶の欠点の改善の程度も同様に定量的に説明できること、である。実験からは、50%以上のブランキングジューティーサイクルで CRT に近い動画表示品質が得られることが確認され、同様の効果を有する点滅バックライト方式の特有の問題点である輪郭部で発生するゴーストが時分割駆動に起因することがこの動画像モデルにより明らかにされている。

第七章においては、ネマティック液晶の中では最速の応答速度を有するパイセルを用いた動画表示ディスプレイについて述べている。バンド状態は、ある閾値電圧以下ではエネルギー的により安定なスプレー状態に転移するため、高い駆動電圧を余儀なくされ、閾値電圧付近でのデバイスの安定性にも問題点があったとする。たまたま著者はバンド定常状態印から電圧を除去した直後に 100msec 程度の寿命を持つ準安定なバンド状態が存在すること発見し、これを「ダイナミックバンド」と名づけ、ブランキング駆動と組み合わせることにより、パイセルを 0V から駆動できることを示した。視野角に関しては、より完全な光学補償を可能にする新規なディスコティック液晶フィルムを採用し、ブランキング駆動による動画機能を有する CRT に匹敵する動画品質および視野角を有する LCD の開発に成功している。

第八章では本論文の成果の結論が与えられている。

以上、本論文は、液晶物性から動画像の表示概念までの多角的な要素技術を融合させることにより、高品質の動画を表示する液晶ディスプレイの開発に成功した。物性工学、デバイス工学の発展に寄与するところ大であり、本論文は博士(科学)の学位請求論文として合格と認められる。