

# モバイル用超低電力・高品位反射型フルカラー液晶ディスプレイに関する研究 (0513020007)

Development of High Quality and Low Power Reflective Full-Color Liquid Crystal Display

## 研究代表者

内田 龍男 東北大学大学院工学研究科

Tatsuo UCHIDA Department of Electronics, Graduate School of Engineering, Tohoku University

## 研究分担者

宮下 哲哉<sup>†</sup> 川上 徹<sup>††</sup> 石鍋 隆宏<sup>†</sup>

Tetsuya MIYASHITA<sup>†</sup> Tohru KAWAKAMI<sup>††</sup> Takahiro ISHINABE<sup>†</sup>

<sup>†</sup>東北大学大学院工学研究科 <sup>††</sup>東北大学未来科学技術共同研究センター

<sup>†</sup>Department of Electronics, Graduate School of Engineering, Tohoku University

<sup>††</sup>New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

## 本研究開発の概要

ICT 社会の構築においてディスプレイは最重要キーデバイスの一つとして位置付けられており、その低消費電力化は世界的消費エネルギーの削減という点からも重要な課題である。本研究では、紙のような質感と明るさを有し、鮮明な動画表示を可能とする超低電力・高輝度反射型フルカラー液晶ディスプレイの実現を目的とし、このために必要となる光拡散フィルム設計指針の確立、および有効入射角度範囲、明るさ、コントラスト比、応答速度の優れた新規液晶セル構造とその光学補償理論の確立、高効率・高品位補助照明光学系の設計指針の確立を行い、液晶ディスプレイの設計論を学術的に体系化する。

## Abstract

A display is placed as one of the most important key devices in the ICT society, and the development of low power display is an important problem from a point of reduction in worldwide energy consumption. In this research, we aimed to achieve a high quality and low power paper-like reflective full-color display and investigated the design rules for the front diffusing film, LC-cell structure, optical compensation film and assistance illumination systems. As a result, we successfully obtained the high quality reflective liquid crystal display with a high brightness, a wide color gamut and a high motion picture quality.

## 1. まえがき

当研究室ではこれまでに凹凸形状を最適化した反射板を液晶層内部に配置した反射型カラー液晶ディスプレイを考案し、携帯型情報端末用ディスプレイとして実用化してきた。更に表示特性を改善するため光拡散フィルムと鏡面反射板から構成される反射型フルカラー液晶を考案した。本研究開発ではこの結果を基に高性能反射型液晶表示素子および補助照明システムの最適化と実用化の為の基礎技術の確立について検討を行った。また液晶ディスプレイの最適化において複屈折の三次元的な制御は極めて重要であり、このためには液晶デバイスパラメータの高精度な測定評価が不可欠である。このことから屈折率、弾性定数、粘性係数、アンカリング強度等の液晶デバイスパラメータの高精度測定法についても検討を行った。

## 2. 研究内容及び成果

### 2.1 高精度液晶パラメータ測定法の確立

Ericksen-Leslieの理論に基づいた粘性係数に関する数値解析より、ホモジニアス配向セルのON特性は回転粘性 $\gamma_1$ のみに依存し、Miesowicz粘性係数 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ の影響はほとんどないことを明らかにした。この結果を基にホモジニアス配向セルの応答特性の測定結果と理論解析結果とのフィッティングより粘性係数を高い精度で測定するMVS法を考案した。本測定法はp型およびn型のいずれの液晶材料においても高い測定精度を有していることを確認した。

液晶材料の屈折率については正面入射時における振幅比および位相差の波長依存性、および斜め入射時における位相差の波長依存性の解析より極めて高い精度で測定できることを明らかにした。本測定法を実現するためには、斜め入射光に対して多層媒体の多重反射・多重干渉を考慮した理論解析が必要であり、本研究ではジョーンズ行列法の拡張により、多重反射・多重干渉考慮した計算手法を導出し、これに基づいた屈折率の高精度測定法 MITI 法を確立した。

さらに液晶セルの配向面に垂直な方位における振幅比および位相差の角度依存性と液晶の配向分布との関係を明らかにし、この結果を基に液晶配向分布の測定法としてPDH法を考案した。本測定法により液晶素子のセル厚、チルト角分布、弾性定数比、アンカリング強度等の液晶デバイスパラメータおよび光学位相差フィルムにおける三次元屈折率分布を極めて高い精度で測定することに成功した。

### 2.2 高品位反射型液晶ディスプレイの設計

前節における液晶デバイスパラメータ評価結果に基づいて液晶の光学特性および応答特性について解析を行った。この結果、低ギャップ化したECBセルを用いることにより、極めて良好な視角特性と応答特性が実現できることを明らかにした。

以上の結果を基に図1に示す低液晶セルギャップECBセルおよび二軸性位相差フィルムから構成される反射型

フルカラーLCD の設計を行った。二軸性位相差フィルムの三次元屈折率分布の最適化による広視野角・広波長帯域円偏光板の設計および光拡散フィルムの拡散角度範囲の最適化を行い、最終的な特性としてコントラスト比 50:1、反射率 60%、視野角 160°、応答速度 5ms、色再現性 NTSC 比 55%を有する反射型フルカラーLCD を実現した。図 2 に試作した反射型フルカラーLCD の写真を示す。

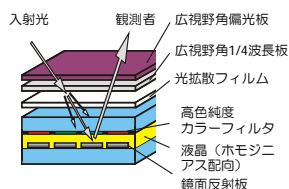


図 1 高品位反射型 LCD の構成



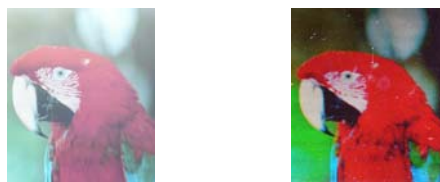
図 2 試作した反射型フルカラー液晶ディスプレイ (左：従来方式、右：新方式)

### 2.3 高コントラスト補助照明システムの設計

従来のフロントライトシステムの光学特性について解析を行い、この結果、導光板底面および液晶パネル表面における光の反射がシステム稼働時におけるコントラスト比を低下させることを明らかにした。このことから本研究では液晶パネルに対して斜め方向に光を射出し、パネル内に入射した光を光拡散フィルムで拡散させることで表示画像のみを観測者方向に射出するくさび形プリズム導光板と反射型 LCD 内部に配置した光拡散フィルムから構成されたフロントライトシステムを考案した。

本研究では導光板中の光の伝播方向と導光板から射出する光の輝度の関係を導出し、この結果、導光板から射出する光の輝度は光源の入射角度分布および偏光状態に依存することを明らかにし、明るい画像を表示するために必要な導光板の最適設計条件を明らかにした。

以上の設計論を基にくさび形プリズム導光板と反射型 LCD 内部に配置した光拡散フィルムからなるフロントライトシステムの試作を行った。本研究によるフロントライトシステムを用いた反射型 LCD の暗環境下における写真を図 3 に示す。図から本研究のフロントライトを用いた反射型 LCD は従来方式と比べてコントラスト比が高い良好な画像を有していることを確認した。



(a) 従来方式 (b) 新方式

図 3 フロントライトを用いた反射型 LCD の表示特性

### 3. むすび

本研究開発では超低電力・高品位反射型フルカラー液晶ディスプレイの実現を目的として検討を行い、液晶材料の屈折率、弾性定数、粘性係数、セルギャップ、プレチルト角およびアンカリング強度の高精度測定法として、MITI

法、MVS 法、PDH 法を確立した。この結果、液晶ディスプレイの応答特性および光学特性の高精度な解析を実現し、低セルギャップ ECB セルおよび光拡散フィルムの最適化およびくさび形導光板プリズムを用いた新規補助照明システムの考案および最適設計条件の明確化により高速応答、広視野角、高反射率、高色再現性という特長を有する高品位反射型フルカラー液晶ディスプレイを実現した。

本研究開発における反射型フルカラー液晶ディスプレイは超低電力特性および明環境および暗環境において高い画像品位を有しており、次世代のモバイル用情報端末用ディスプレイとして有望であると考えられる。

### 【誌上发表リスト】

- [1] Y. Ohno, T. Ishinabe, T. Miyashita and T. Uchida, "High-Precision Measurement of the Polar Anchoring Strength of Several Vertical Alignment Layer Materials by Psi Delta Hybrid Aligned Liquid Crystal Cell Method", Japanese Journal of Applied Physics Vol.47 No.2 pp969-973 (2008年2月15日)
- [2] Y. Ohno, T. Ishinabe, T. Miyashita and T. Uchida, "A Highly Accurate Method for Measuring the Ordinary and Extraordinary Refractive Indices of Liquid Crystal Materials", Proc. of the 14th International Display Workshops pp47-50 (2007年12月5日)
- [3] T. Ishinabe and T. Uchida, "A Bright and Wide Color Gamut Reflective Full-Color LCD Using Diffused Light Control Technology", Proceeding of the IMID /IDMC/ASIA Display (2008年10月13日 発表予定)

### 【申請特許リスト】

- [1] 内田龍男、石鍋隆宏、大野友嗣、宮下哲哉、液晶の物性測定方法及び装置、日本、2007年9月7日
- [2] 内田龍男、石鍋隆宏、佐藤寛、反射型 LCD 用フロントライトおよび反射型表示装置、平成 18 年 6 月 22 日
- [3] 内田龍男、石鍋隆宏、小川涼、液晶セルの物性測定方法および装置、日本、平成 19 年 12 月 4 日

### 【登録特許リスト】

- [1] 内田龍男、宮下哲哉、石鍋隆宏、液晶の粘性係数の測定方法および装置、日本、H15.10.10、H20.1.11、特許第 4064329 号

### 【受賞リスト】

- [1] R. Ogawa, Y. Ohno, T. Ishinabe, T. Miyashita and T. Uchida, The 14th International Display Workshops Outstanding Poster Paper Award, "High-Precision Measurement of Polar Anchoring Strength and Capacitance of Alignment Layers", 平成 19 年 12 月 7 日
- [2] I. Fukuda, T. Ohnishi, T. Ishinabe and T. Uchida, The 14th International Display Workshops Outstanding Poster Paper Award, "A New Transflective OCB-LCD with Fast Response Time and Wide Viewing Angle", 平成 19 年 12 月 7 日
- [3] K. Hiyama, R. Ogawa, T. Ishinabe and T. Uchida, The 13th International Display Workshops Outstanding Poster Paper Award, "Design of High Performance Viewing-Angle-Controllable LC panel", 2006 年 12 月 6 日

### 【報道発表リスト】

- [1] "昼間くっきり新液晶反射光利用東北大チーム開発"、朝日新聞、2007年3月29日