

(3) 研究成果（詳細は別紙様式 6 のとおり）

当初の事業計画のうち「新事業・新産業の創出に関する計画」のフェーズ II までに終えた時点での状況と進捗、今後の活動方針の主なものについて以下に述べる。

< FPD コアテーマ A 高性能表示素子の開発研究 >

[A-① 超高速、低電力、高輝度、広視野角液晶表示モードの創出]

(当初の「超低電力、超高輝度、超高視野角液晶表示モードの創出」を改題)

●フィールド・シーケンシャル・カラーOCB ディ스플레이の試作

フェーズ 1 においては低消費電力、高輝度、広視野角を実現するため、現在広く使用されているマイクロ・カラー・フィルタ法に対して、OCB 液晶モードとフィールド・シーケンシャル（時分割駆動）方式との組合せにより、カラーフィルタを用いないディスプレイを実現し、光の利用効率向上と省電力効果の実現を図ることとした。また、当初フェーズ II において実施することとしていたパネル試作を新技術エージェント活動による市場調査等の結果、前倒しして実施することとし、液晶、バックライト、光学補償の諸技術を結集して、6 型フィールド・シーケンシャル・カラーOCB TFT 液晶パネルを試作した。さらに改良するとともに表示器の大型化を図り、15 型の試作に成功した。

●スプレーバンド配向転移の低電圧化・高速化

OCB 液晶は他の実用されている液晶表示モードに比して、10 倍～100 倍高速な特長を有している。しかしながら、駆動前に液晶の分子配向を弓形のバンド状態にする初期化が必要である。これには 10V を越える電圧が必要とされ、低電圧化が必要である。この点を検討し、バンド配向転移に必要な条件として、スプレー配向のディスクリネーションとツイストのドメインウォールを接触させる転移法を確立し、6V 以下で確実に転移が可能であることを明らかにした。転移時間については、転移核を 1 画素につき 1 個以上の密度で構成することにより 1 秒以内に転移可能となることを実験により示した。これらの方法をもとに、量産化可能な方法として、部分ラビングを行うマルチラビング法(MR 法)を確立し、液晶セルに実装し、実用可能であることを示した。当初の目標に対しては、ほぼ 100%達成できた。

●OCB 液晶ディスプレイの広視野角化

液晶では視野角の狭さが指摘される。これは光学的な異方性を利用していることに起因する。OCB はバンド構造であることから、バンド面内の分子配向の対象性に基づく自己補償効果が広視野角化となるが、この垂直面では効果が無い。そこで液晶層に光学補償フィルムを積層して広視野角化を図った。新たな偏光解析設計手法を開発し、基本計画の目標値である視野角（上下 100 度、左右 140 度）を達成し、この結果に基づいたディスプレイは正面コントラスト比 1000:1 以上、視野角はコントラスト比 10:1 以上の範囲として、全ての方位において 160 度以上を有することをシミュレーションにより示し、試作によりその設計法の妥当性を確認した。さらにエリプソメータを用いた液晶配向分布の測定法を確立した。この方法を用いることで bend 配向液晶セルの配向分布および光学補償フィルムの光学特性の精密な評価に成功した。

●6 型フィールド・シーケンシャル・カラーOCB ディ스플레이の試作

このような研究のもとにフェーズ I では 6 型 VGA 試作機用バックライトとして、数種類の光学構造を実験し、LED 敷き詰め直下型構造によって表示輝度 260 cd/m² を実現した。この過程でフィールド間混色の問題を特定し、ブロック間光遮断

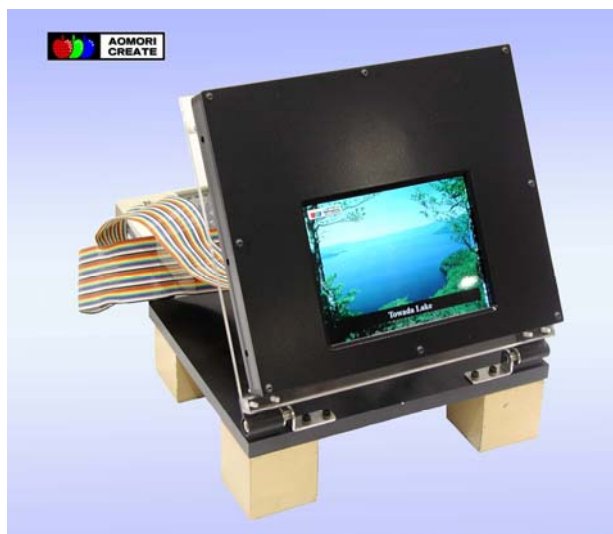


図 4 試作後公開した世界で初の 6 型 FS-OCB 液晶ディスプレイ

の副作用である境界の陰影を消去するための光学構造を確立した。そしてスキャニング・バックライトの点灯タイミングに関する理論を確立した。さらに図4に示す6型VGAディスプレイを、専用映像生成装置からの映像出力を表示する単純1倍速のみのシステムとして試作した。このシステムにて、OCB液晶のRGB別電圧駆動、OCB液晶の閾値以下電圧使用、正しい色再現のためのオーバードライブの必要性、色割れ対策としての動き補間方式の有効性とその限界等の原理を映像データに処理を加えることで検証した。

●15型フィールド・シーケンシャル・カラーOCBディスプレイの試作

フェーズIIでは15型XGAディスプレイを、汎用パソコンの一般映像出力を表示するシステムとして試作した。フェーズIにて検証した上記原理を、一般モニタとしてリアルタイムで動作できるように、ハードウェア回路として実現した。そして世界で始めて2倍速360 field/sで動作する大型液晶ディスプレイを実現した。この性能をもとに、フィールド・シーケンシャル・カラー方式で最大の障碍とされてきた色割れ問題に、現実的な解決法を提供することに成功した。この駆動回路は試作機以外の液晶パネルも駆動可能な汎用の回路として設計したので、今後の応用製品化において回路の雛型あるいはテストベットとして有効利用できるようになっている。図5は実際に試作した15型XGA試作機である。バックライトとして、フェーズIで確立した直下型光学構造を採用し、一般のLCDより明るい900~1000 cd/m²の表示輝度を実現した。またデジタルで高精度調光ができるLED駆動回路を作成し、デジタル・カメラとパソコンで構成したシステムによる自動調光で、均一な輝度・色度を、白座標および輝度を指定しながら調整できるようにした。この試作機にて消費電力を測定し、30型換算で20W以下の低消費電力液晶ディスプレイが実現可能であることを検証した。FS方式の特長は低電力、高輝度、高精度、高彩度であり、試作機で十分視認することができる。



図5 試作開発した15型フィールド・シーケンシャル・カラーOCB液晶ディスプレイ

基本計画にある最終目標を達成することができたことから、試作表示器を国際会議や開発技術展示会などで公表した。まず、2004年5月に米国シアトル市で開催された国際情報ディスプレイ会議SID (Society for Information Display)において6型FSC-OCBディスプレイについて公開展示と学術講演を行った。画像補間技術により、優れた動画表示品質を実証した。その後、2005年5月に米国ボストン市で開催されたSID'05において15型FSC-OCBディスプレイについて公開展示と学術講演を行った。世界に先駆けた発表であり、高輝度、高彩度の画像品質を大型ディスプレイで実証した。さらには2006年6月に米国サンフランシスコ市で開催されたSID'06において15型と2.2型小型FSC-OCBディスプレイについて公開展示と学術講演を行った。技術のポイントは色割れ現象を防ぐ表示方式の提示、および新たな応用展開の試作器を提示した。2006年12月に大津市で開催された国際電子表示ワークショップIDW (International Display Workshops)では青森県地域結集型共同研究事業の成果が認められ、招待講演が行われた。これらを通して本事業の成果が世界的にも高く評価された。

●フィールド・シーケンシャル・カラーOCB LCOS プロジェクタの試作



図6 開発試作したフィールド・シーケンシャル・カラーLCOS OCB プロジェクタ

超大型・低電力液晶ディスプレイ構築のための要素研究として LCOS(Liquid Crystal on Silicon) デバイスに OCB モードを適用し、フィールド・シーケンシャル・カラー OCB 液晶プロジェクターを検討した。通常の LCOS 方式のプロジェクタでは光源からの光を RGB の 3 色に分離し、RGB 用の 3 枚の LCOS を用いて画像を構成する。

これに対して本事業では高速応答性能を持つ OCB 液晶表示モードを LCOS デバイスに適用した「OCB モード LCOS デバイス」を開発し、単板方式で小型化を図った。なお、液晶素子の応答時間は約 1ms であり、画像の書き換え時間の短縮や動画性能の向上を実現した。RGB の LED を光源として用い、順次点灯させるため 3 色の分割が不要となり、光学系が大幅に簡素化・小型化を達成できる。図 6 はこのようにして試作したプロジェクタである。また、透過型/反射型光学素子の性能を高精度に評価できるシステムの構築を行い、コントラスト 40,000:1 まで評価できる装置を試作することができた。

●新しい撮像・表示システムの構築

FS-OCB の特長を十分に生かして、対象物の照明と表示器のバックライトを同期させた時系列順次点灯方式を用いた高品質なカラー撮像・表示システムを考案した。これは液晶表示素子として波長分解用のカラーフィルタのないライトバルブタイプの白黒液晶を用いることができるので、光の損失が無く、光利用効率を高くすることができる。本システムの応用として図 7 のように気管挿管器具を開発試作した。これに留まらず、照明光を照射し、その反射光を撮像し、その撮像画像をリアルタイムで表示装置のディスプレイにカラーで表示させるカラー撮像・カラー表示装置に広く利用可能性があり、例えば、内視鏡、建造物、自然物の小さな空洞に挿入管を入れて内部を視覚的に把握するもの等が好例である。



図 8 試作したオーバードライブ評価支援装置

[A-② 液晶応答速度の高速化]

フェーズ 1 においては [A-① 超高速、低電力、高輝度、広視野角液晶表示モードの創出(当初の「超低電力、超高輝度、超高視野角液晶表示モードの創出」を改題)] の取り組み方針に基づき、6 型および 15 型パネル試作用の OCB モード液晶材料及び配向膜材料を開発した。

パネル試作用液晶材料、配向膜材料については、共同研究企業であるチッソ石油化学株式会社が液晶材料、配向膜材料の最適化を行って材料開発し、6 インチパネルにおいて実用パネルへの適用可能性を確認できた。今後、液晶材料については高電圧保持率および高速応答性を持つ液晶組成物の開発を継続し、配向膜材料については大画面化に向け、配向の均一性およびラビング強度依存性の小さな材料の開発を継続する。

液晶パネルの低消費電力化を図るため地元企業（東北化学薬品株式会社）との共同研究により駆動電圧を低下させることを特徴とする新規添加材料を合成した。この成果についてはネマチック液晶の添加剤開発という点では一般性があり、実用的材料としても波及効果が期待できることから、今後、地元企業の事業化を前提として構造解析を系統的に行い、分子構造と分子間相互作用の相関について情報を得るとともに、高速化に向けた添加材料の開発を行う。

[A-③ 高性能ディスプレイの測定・設計・評価技術の確立]

●オーバードライブ評価支援装置の試作

フェーズⅠにおいては「反射型特性評価技術の開発」と「2軸型電気光学評価技術の確立」の小テーマを統合して「現行測定法の課題抽出と解決実施」として実施することとしたが、テーマの重点化により「反射型リタデーション測定装置の開発」については研究停止することとした。FS-OCBモードにおいては液晶動作をより高速にするために、オーバードライブ駆動が有効である。これは、到達電圧値に対して加速効果を持たせる余剰電圧を印加する方法である。このため、フィールルド・シーケンシャル(FS)法においてR、G、Bの個別の光源にそれぞれに対応した電圧を印加する方式が取られる場合、RGBの主波長での個別の測定を行う必要がある。また、オーバードライブでの諧調設定は電荷補償の新しい考え方($Q=C \cdot V$ ：一定)で所望の電圧値での電荷分を補償する電圧設定を行うことになる。これにはRGBの主波長における透過率の電圧依存性が必要になる。こうした駆動状況の評価を行うため図8の支援装置の試作を行った。今後は試作したオーバードライブ評価装置について、装置メーカーと八戸工業大学が共同で機能向上を図っていく。



図8 試作したオーバードライブ評価支援装置

●液晶粘性係数測定装置の製品化

FS方式においては従来に比べて3倍以上高速に画面を切り換える必要があることから、液晶材料の高速化が求められる。液晶の応答には粘性係数が深く関わっているが、異方性を有することから5種類の粘性係数を求める必要がある。しかし、従来の液体用粘性係数測定装置は等方性の液体を対象として一種類の粘性係数を測定できるだけであった。

そこで、液晶の粘性係数の測定に関して応答特性の数値解析を行い、新たな測定方法を確立した。その上で種々のモードに対応するように解決策を講じ、p型液晶ではホモジニアス配向セルを、n型液晶ではVA配向セルを用いた測定原理を明らかにした。さらに、実用化に向けて測定上の問題を解析して、高精度な測定方法を目指した。測定試作機の小型化を図り、受光部及び電気系統に改良を加えノイズ等を改善し、光学応答測定の高信頼性化を行った。フィッティングソフトに関しては、大幅な高速化を実現した。図9は本事業の成果として地域企業である(株)日本マイクロニクス社が実用化した粘性係数測定装置である。



図9 世界で初めて実用化した液晶粘性係数測定装置

●狭帯域スペクトル・フィルタの製品化

本事業で開発しているOCB-LCDは高速応答が特長の一つである。そこで複屈折効果を用いた狭帯域スペクトル・フィルタへの応用を共同研究企業である東亜ディーケーケー(株)とともに検討した。これはフェーズⅠで新たに追加した研究テーマ「オプティカル・バンドパス・フィルタを用いた2次元画像スペクトル解析技術の開発」である。狭半値幅・高透過率・高速応答のバンドパスフィルタの設計論を構築し、半地幅：15nm以上、透過率：25%以上、応答時間：最速15msec、



図10 開発後市販された液晶波長可変フィルタ

平均 150msec の特性を実現できた。図 10 に開発市販した液晶波長可変フィルタの外観を示す。

< FPD コアテーマ B 薄膜トランジスタ基幹技術の創出 >

[B-①新駆動素子構造の創出]

大画面ディスプレイにおける駆動の際、画素に至るまでの配線が長くなることから、配線抵抗が増大し、他の電極間との静電容量も増大する。このために、時定数が大きくなり、液晶ドライバからの電圧の高周波成分の遅延あるいは波形歪が生じてしまう。フィールド・シーケンシャル方式では駆動周波数が3倍から9倍程度に他各区なるためにこの影響はさらに顕著な問題となる。そこで狭幅厚膜無段差電極を作製する新技術の確立を試みた。まず、方針として低抵抗の銅を無電界、および電界メッキを組み合わせる方式を考案した。ついで各工程の材料・薬液の選定を行い、工程の順序を考慮し、プロセス条件の最適化、工程のマージン拡大・安定化に配慮した工程改良実験を重ねた結果、最終的に、低抵抗率、高密着性、高耐熱性、高分光透過率、高平坦性、高選択性そして高純度な銅選択アディティブ配線形成プロセスを確立した。

その結果、ガラス基板上に透明でかつ耐熱性の高い下地樹脂層を設け、その樹脂の表面を改質し密着剤を付与することにより触媒を強く結合させ、結果として無電解銅を均一に密着性良く析出させることができるという新たなプロセスを見いだした。図11に、試作することに成功した37cmx 47cmガラス基板上に15インチFPDゲート銅選択アディティブ配線した基板の外観を示す。

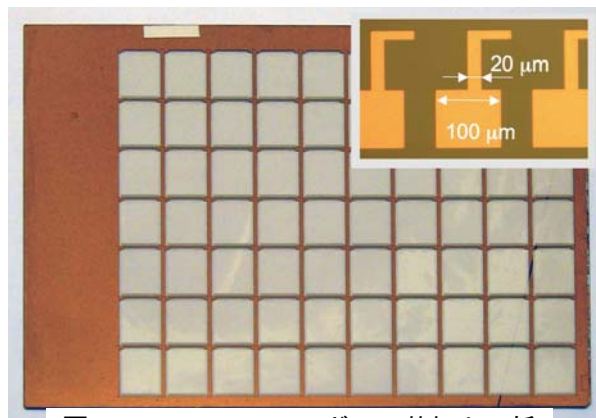


図 11 37cmx 47cm ガラス基板上に低抵抗、高密着、高耐熱、高透過率、平坦、高選択性を合わせ持つ配線形成技術を実現