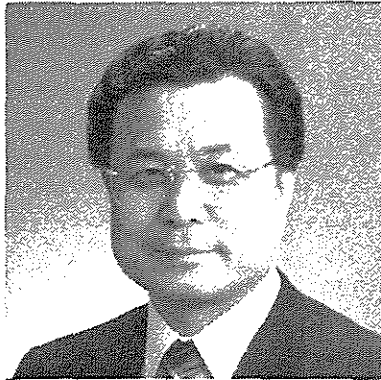
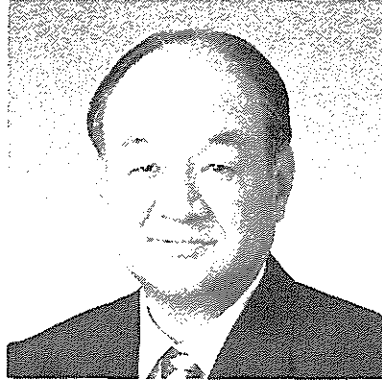


## 超低消費電力反射型カラー液晶ディスプレイ

研究者：内田 龍 男 東北大学大学院工学研究科電子工学専攻・教授  
開発企業：町田 勝 彦 シャープ株式会社 代表取締役社長  
(推薦者：中塚 勝 人 東北大学大学院工学研究科長 工学部長)



内田 龍 男 氏



町田 勝 彦 氏

### 1. 技術の背景

近年、エレクトロニクス商品、特にパソコンやテレビ、携帯情報端末といったOA/AV商品など日常に使用する機器に対して液晶ディスプレイ（以下LCD、Liquid Crystal Display）は広く用いられてきた。

現在主流となっている透過型のカラーLCDは、非常に美しく鮮明な画像表示を実現しているものの、カラーフィルタによって透過光の大部分が吸収されるために液晶基板の裏側にバックライトと呼ばれる光源を必要としている。しかし、バックライトにより液晶ディスプレイ全体の消費電力の実に70%近くが使用されることや、また屋外などの明るい場所では周囲光が表示画面表面で反射し、表示が見え難くなることのあるなどの欠点があり、全ての用途に対して必ずしも最適であるとは言えなかった。

これに対して反射型LCDは、バックライトを用いず、周囲光を利用して表示を行うため、薄型化、軽量化、低消費電力化が可能であり、また周囲光が強ければ強いほど鮮明に見え、特に屋外での使用に有利であるなど携帯情報端末のディスプレイとして最も適したディスプレイの一つである。しかしながら、従来では反射型LCDは電卓の表示部のように白黒表示に限定されていた。その理由としてはカラー表示を行うためにカラーフィルタを用いると、白黒表示に対して反射光量が1/3以下まで低下し、十分な明るさが得られていなかったことがあげられる。本研究者はこの問題を解決し、超低消費電力のカラー液晶ディスプレイを

実現することを目指して、1983年頃からこの研究に着手した。

## 2. 技術の概要

本技術は、バックライトを使用せず、周囲光だけで明るく鮮明な画像表示を可能とする、超低消費電力反射型カラーTFT-LCD (Thin Film Transistor-LCD) に関するものである。

反射型LCDは、カラーフィルタを用いない白黒表示のタイプであっても、その構造上、偏光板の透過率、反射板材料の反射率、反射板の開口率、ガラス表面での反射等での光ロスがあり、これらを考慮すると反射型LCDの光利用効率は10～13%程度となる。さらにカラーフィルタを用いてカラー表示にすると、明るさは1/3以下(光利用効率3～4%程度)に低下し、表示が暗く実用に耐えるものではない。反射型LCDで実際の使用に耐えられる明るさを実現するためには、反射光を如何に有効に目視方向に到達させるかがポイントとなり、そのためには反射板散乱特性の工夫と設計の最適化が求められる。

これらのことから、研究者は、拡散反射板の特性、形状を理論解析し、さらに、試作、実験により反射板の最適形状と設計条件を明らかにした。また、開発企業は研究者と共同研究を行い、量産性を考慮した拡散反射板の形成方法の確立、高コントラスト液晶表示モードの開発、および反射型LCDに最適な高開口率液晶パネルの設計・開発を行い、反射型カラー液晶ディスプレイの量産化のための技術を確立した。その詳細は以下の通りである。

- ① 拡散反射板を液晶層の直後に配置することによって、表示の視差を抑止するとともに、入射光と反射光が同一カラーフィルタを通過するようにして色純度の低下を抑えた。さらに、この拡散反射板の凹凸形状を理論的に解析し、拡散反射光がガラス表面で全反射条件を満たさないように表面粗さを設計することが、表示の明るさを確保するうえで重要であることを示した(図1)。

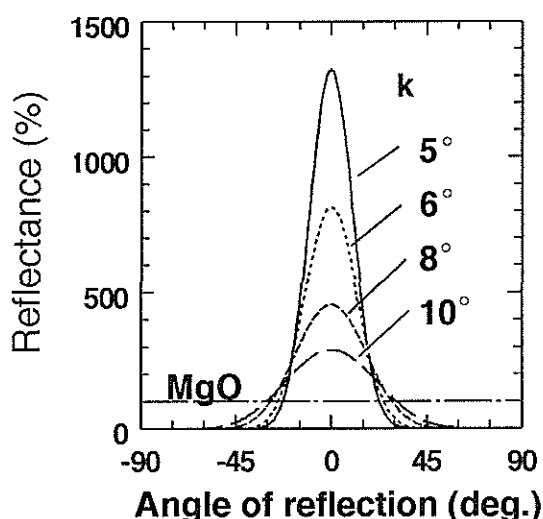


図1 表面の粗さ(k)と反射率の関係

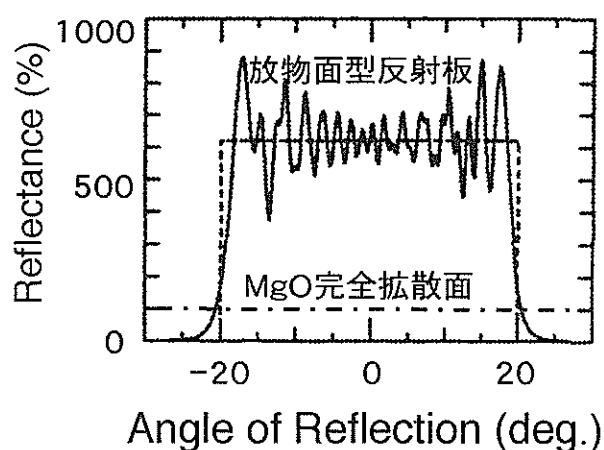


図2 反射視角範囲と反射率の関係

- ②次に、目的とする視角範囲内で紙のように一様な反射光強度を実現するための凹凸形状を理論解析し、無数のマイクロな放物面をランダムに組み合わせて配置したものがその解であることを導いた(図2)。さらにこれを実際に試作して、完全拡散面の5倍以上の光強度が得られることを実証した。一方、カラーフィルタの透過スペクトルの最適条件を検討し、明るさと色の鮮やかさを両立させるためには彩度が最大となる条件が最も適していることを明らかにした。これらの成果によって、周囲光の利用効率を極限まで高めて紙に匹敵する反射率を達成し、いわゆるペーパーホワイト化を実現した。
- ③更に、量産性を考慮した拡散反射板(MRS;Micro Reflective Structure)(図3)の形成方法の確立、動画表示性能と高コントラストを両立する1枚偏光板方式HCR(High Contrast-Reflection)表示モード(図4)の採用による高コントラスト化の実現、高強度表示を実現する反射型カラーLCD用TFT液晶パネルの高開口率画素構造(図5)の最適設計開発などを行い、量産化と実用化のための技術を確立した。これらの研究開発によって、世界で初めて超低消費電力反射型カラーTFT液晶ディスプレイ(図6)の実用化を達成した。

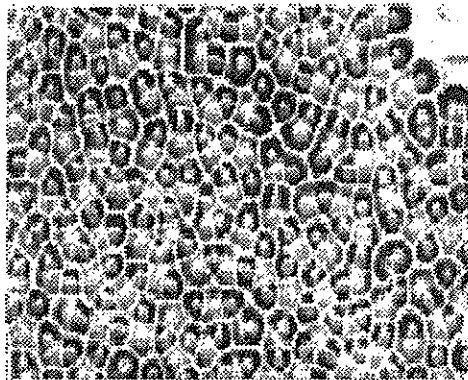


図3 MRS反射板

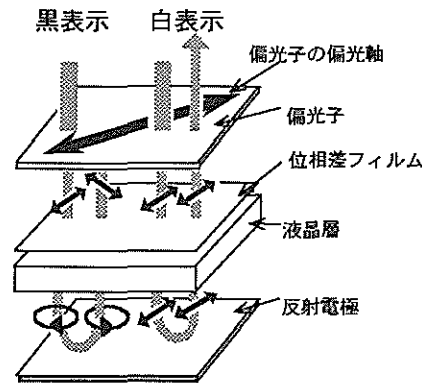


図4 1枚偏光板表示の原理

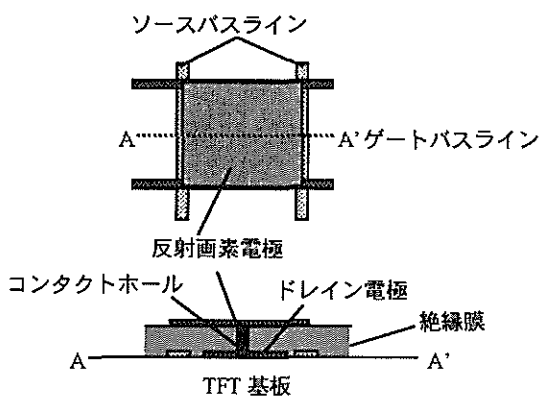


図5 高開口率画素構造の模式図

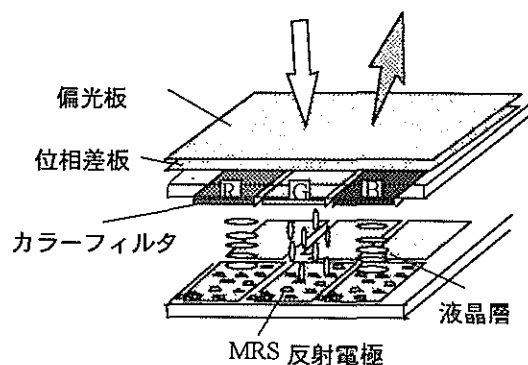


図6 反射型カラーLCDパネル構造

元来、液晶のような非発光表示ディスプレイでは鮮やかなカラーの表示はできない、カラーフィルタや偏光子を用いる限り紙のような明るいディスプレイは実現できない、金属の反射板で紙のような白色と質感は得られないなどと考えられていた。しかし反射光強度、スペクトル、拡散特性などの光学物理量を正確に測定することにより、従来の発光型や透過型しかなかったカラーディスプレイの理論に対して、紙のような特性を実現するための反射型カラーディスプレイの設計理論や設計指針を初めて確立することができた。

### 3. 効果

この反射型カラーTFT-LCDは従来のディスプレイと全く異なり、明るい場所ほどきれいな表示が得られるという特長を有し、しかも超低消費電力という画期的なものである。透過型液晶と比較すると、約1/7の消費電力、1/3の厚さ、1/2の重さといった、モバイル用途に最適な省エネルギー性、軽量・コンパクト性を有している。開発企業ではこのLCDを「スーパーモバイル液晶 HR-TFT (Highly Reflective TFT)」(図7)と呼称している。この超低消費電力スーパーモバイル液晶HR-TFTの実現によって、モバイル高性能端末の実現が可能となり、携帯電話、携帯情報端末をはじめとするパーソナル情報通信システムやウェアラブルコンピューティングなどの新たな分野の礎を築き始めている。

1998年の量産開始以来、その応用商品としては、携帯用ゲーム機器、携帯情報端末(図8)、携帯電話(図9)などに広く利用されており、今後も鮮やかな画質と超低消費電力を特長にモバイル機器用途を中心に非常に大きな需要が見込まれる。究極の情報システムは、いつでも、どこでも、誰とでも情報の享受ができるものであり、超低消費電力カラー液晶ディスプレイはこれを実現させる最も重要なキーデバイスである。このようなシステムが今後の先進情報化社会の発展に及ぼす影響は計り知れない。

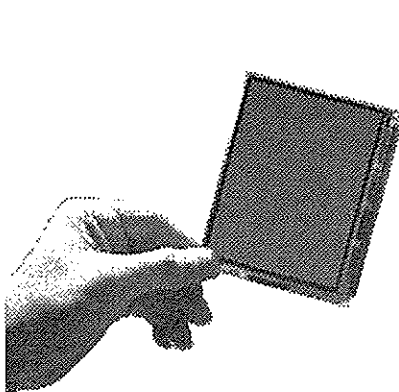


図7 HR-TFT 液晶の例  
(3.5型QVGA)



図8 HR-TFT 液晶搭載商品の例  
(ザウルス MI-E1)

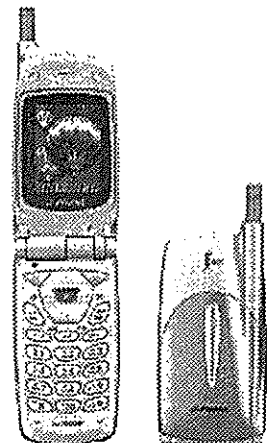


図9 HR-TFT 液晶搭載商品の例  
(J-SH05 (J-PHONE 様))