

モニタ用34 cm(13.3型)スーパーTFT-LCD

34-cm Super-TFT-LCD with Wide Viewing Angle for Monitor Applications

小西信武*

Nobutake Konishi

近藤克己**

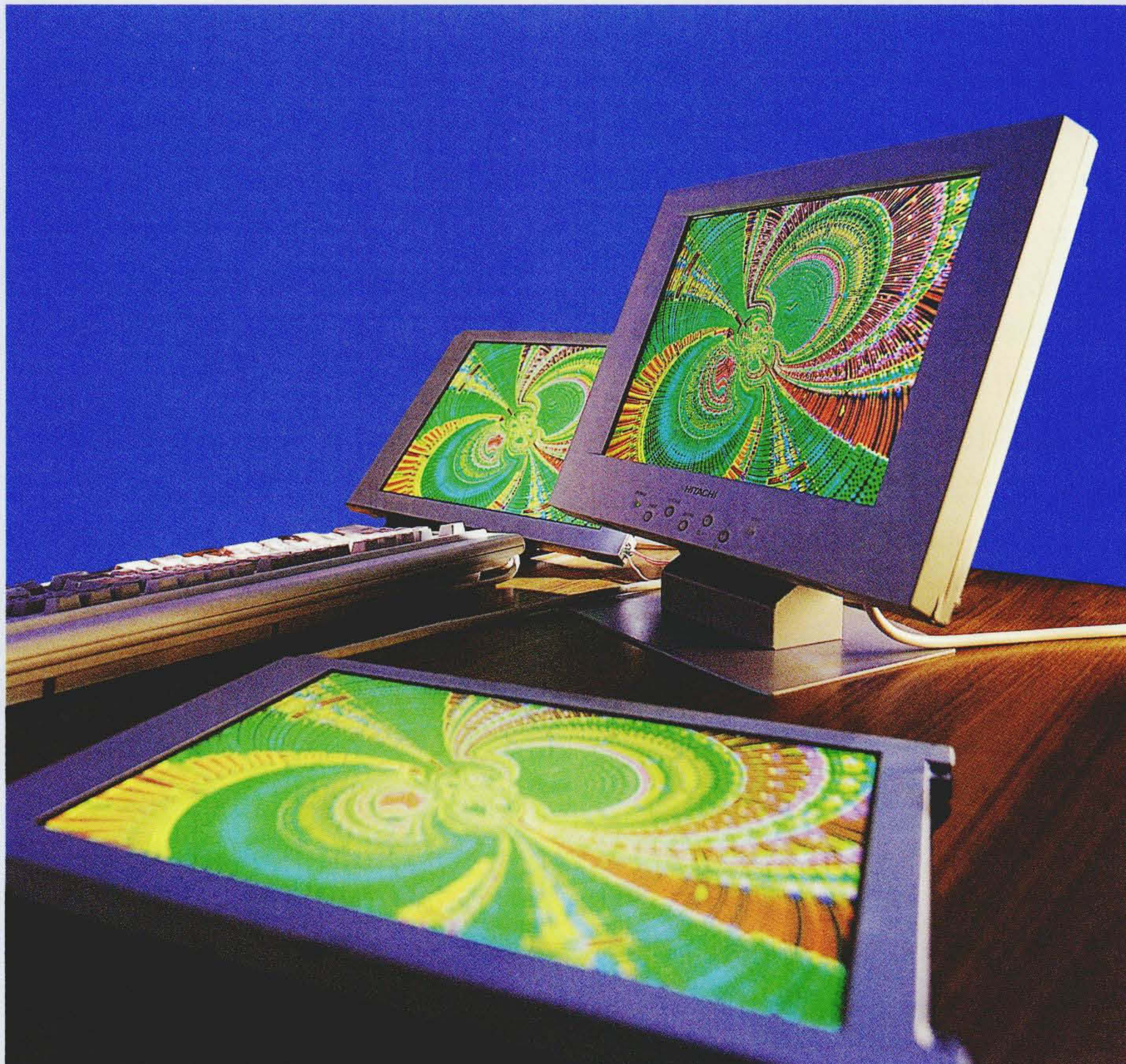
Katsumi Kondô

二見利男*

Toshio Futami

真野宏之***

Hiroyuki Mano



対角34 cmスーパーTFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)モジュール(実画像表示例)

上下左右 ± 70 度以上の広い視野角を持ち、見る角度によるカラーシフトが少ないという高画質表示を可能にした。CRTモニタに対抗できるTFTカラー液晶モニタ用として期待が大きい。

ノートブック型PC(Personal Computer)用途を中心に拡大してきた大型のTFT液晶ディスプレイでは、最近、高精細化、大画面化の技術が進み、CRTが独占してきたデスクトップPCモニタ用途への進出を新たな市場としてうかがっていた。しかしそれには、液晶分子を垂直回転させる従来のTFT-LCDが本質的に抱えていた、視野角が狭いという課題を解決しなければならなかった。

今回、TFT基板に平行な電界で液晶を水平回転してスイッチング動作させることによって視野角の拡大をねら

った、新しい概念のTFT-LCD「スーパーTFT」を世界に先駆けて開発した。これにより、色シフトやコントラスト低下が少ない画質と34 cmの超広視野角特性が可能となった。同時に、使いやすさを考慮して、CRTモニタとの互換性を持たせるために必要なアナログ回路と、種々の解像度に対応可能な階調積分方式によるマルチスキャン回路を備えたモニタインタフェース回路を開発し、これらを導入したスーパーTFT液晶モニタを製品化した。

*日立製作所 電子デバイス事業部 **日立製作所 日立研究所 工学博士 ***日立製作所 システム開発研究所

1. はじめに

情報化社会の急速な進歩は、コンピュータや半導体素子、表示装置などの飛躍的な進歩によるところが大きい。マルチメディアを支えるこれらの主要電子部品の中で、表示素子としてはCRTモニタが大部分を占めてきたが、個人が机上で複数の端末機器・表示装置を扱う環境になると、CRTではエネルギー消費やスペースの点で課題が残る。この点では、高画質・薄型・低消費電力が可能なTFT-LCD(Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display)への期待が大きい。視野角が狭くコストが高いという二つの大きな課題があった。後者は製造工程の短縮や大型ガラス基板を用いた多数面取りなどによって改善されつつある。前者は、画素を分割する方法、フィルムで位相差を補償する方法、拡散板に表示画像を投影する方法などが提案されており、用途によって使い分けが進むと思われる。しかし、CRTモニタの代替としてTN(Twisted Nematic)液晶を用いているかぎりには視野角に代表される画質の点で不十分であり、そのため新しい液晶表示モードが望まれていた。

今回、原理的に広い視野角が得られるIPS(In-Plane Switching)モードのTFT液晶ディスプレイを開発した^{1),2)}。IPSモードの研究の歴史は古く、単純なくし歯電極間のネマチック液晶をオンオフする試みが行われていたが、同時期に提案されたTN液晶で電界を基板に垂直に印加する方式(縦電界方式)が主流となった。1992年にバウアなどのグループがIPSモードで広視角特性が得られることを提唱した³⁾。日立製作所は、同時期にこのIPSモードとTFTとの組合せを検討し、簡易な構造でIPS駆動が可能な液晶モードとTFT構造を考案した⁴⁾。CRTに匹敵する広い視角特性が得られることをパネルで実証し、「スーパーTFT-LCD」として世界に先駆けて製品化した。

ここでは、スーパーTFTの動作原理であるIPSモードの概要とその特徴、および階調積分方式によるマルチスキャン機能について述べる。

2. TFT-LCDおよびモニタの市場動向

TFT-LCDの市場規模は、最近のPCの急激な伸展の波に乗ってノートPCを中心とする10~13型の大型が最も大きく、次いでテレビやナビゲーションシステムなどを中心とする中小型で大部分が占められている。

一方、本格的なマルチメディア社会の到来とともに、

これに対応する情報機器としてはデスクトップPCがきわめて大きく、かつ順調に伸びていくと考える。この市場は、ディスプレイとしてはCRTが独占している分野であり、年ごとに大型化の傾向がある。TFT-LCDとしては、CRTと同じ高精細、高画質で大画面のディスプレイを適正なコストで供給できれば、将来大きな市場が期待できる。1996年度のモニタ市場は全世界で月500万台を超えると予想され、液晶モニタの価格が例えばCRTモニタの3倍以下になれば、省スペース、省電力などの優位な点を生かして端末機器などの特定分野から使われ始めると考える。CRTモニタの10%程度が液晶に置き換わったとしても、1996年換算で月50万台という大きな市場になる。

3. IPSの動作機構

IPSモードのオン・オフ動作原理の概略を従来のTNモードと比較して図1に示す。大きな違いは、液晶に印加する電界の方向およびこれに関する電極の配置である。

すなわち、従来のTNモードでは入射光はTFT基板の透明な画素電極とカラーフィルタ基板の透明な共通電極を通して画像表示するが、IPSモードでは同一TFT基板にある画素電極と共通電極との間の液晶をオンオフさせるので電極が透明である必要はない。動作上はTNモードでは中間調や完全なオン状態で基板近傍以外の液晶は上下方向に立ち上がるので、特に中間調では液晶分子は斜め方向に傾くため、見る角度によって透過率が大きく異なり、原理的に視角が狭いことになる〔図1(a)参照〕。

一方IPSモードでは、ホモジニアス配向させたネマチック液晶を基板に平行な電界で応答させる。液晶の光軸を入射側偏光板の偏光軸と一致させて上下の偏光板を直

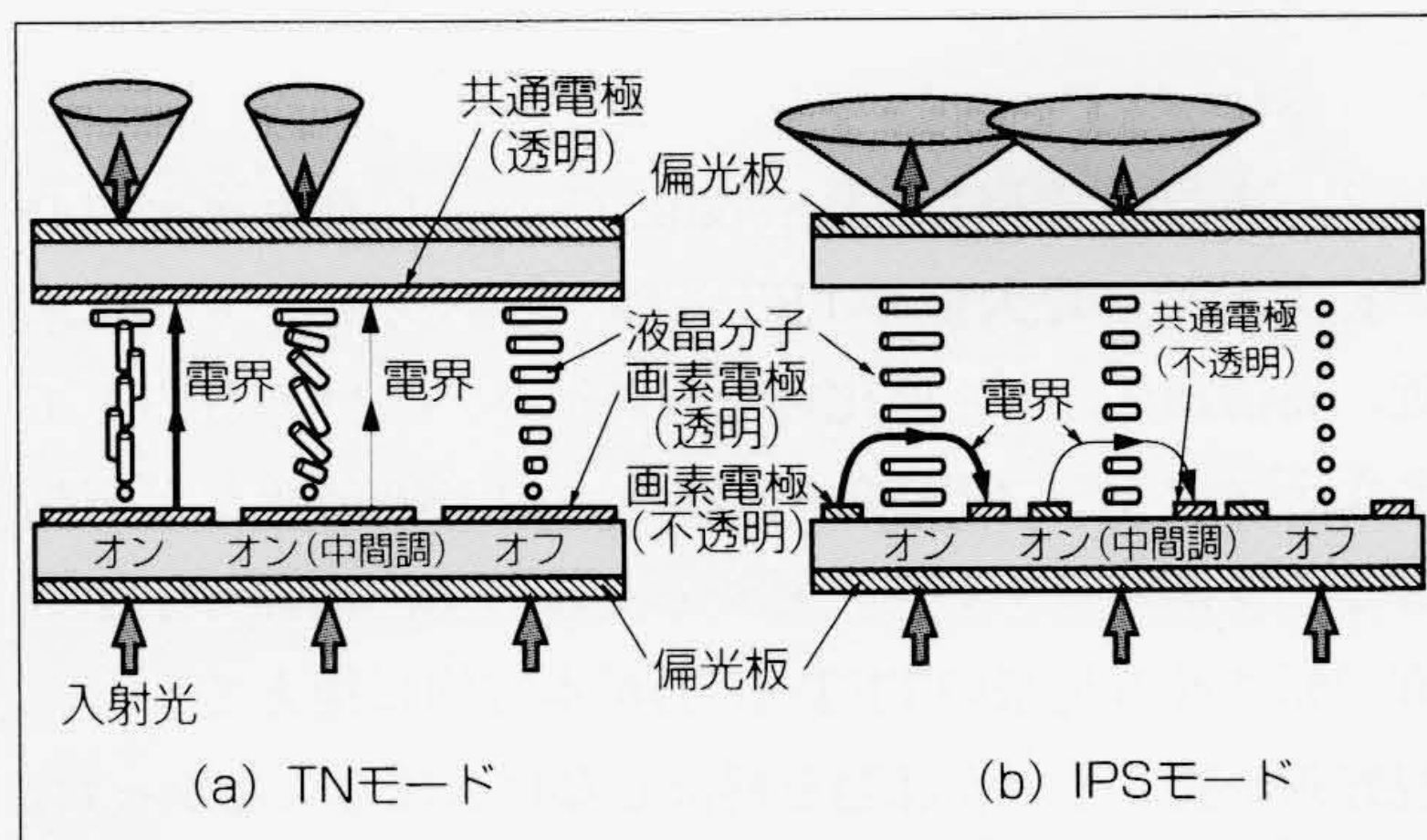


図1 表示原理と特徴

従来のTNモードでは、上下基板間に電界を印加すると、液晶が上下方向に立ち上がるために見る角度によって透過率の差が大きく異なる。開発したIPSモードでは、横方向の電界で液晶が基板に平行に回転するので、視野が原理的に広がる。

交配置させると、電界の無い状態で完全に黒表示になり、電圧が印加されたときは液晶分子は基板に平行を保ちながら、基板内で回転動作をすることによって回転角に応じたコントラストを得る。したがって、中間調でも完全オン状態でも、見る角度で透過率が変化しないため、結局視野角特性が原理的に良いことになる。

IPSモードの原理を透過率を使って説明すると以下のようになる。透過率 T は次式で表わされる。

$$T = \sin^2(2\chi) \sin^2(\pi \Delta n \cdot \frac{d}{\lambda}) \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 χ ：液晶分子の光軸と偏光透過軸とが成す角

Δn ：屈折率異方性

d ：実効的な液晶の厚み

λ ：光の波長

IPSモードでは、(1)式第1項の χ を変化させて透過率を制御する。液晶分子が基板面に垂直方向に立ち上がることがないため、 Δn の変化はTNモードと比較して小さい。したがって、 $\Delta n \cdot d = \frac{\lambda}{2}$ の0次の複屈折モードを用いることができるため、(1)式第2項の変化量を少なくでき、その結果視角依存性が原理的にきわめて小さくなる。

4. スーパーTFT-LCDの特徴

4.1 TFT-LCDの構造

開発したスーパーTFT-LCDの画素部の断面構造と平面構造の概略を図2に示す²⁾。通常のTNモードとの大きな違いは、液晶に印加する電界の方向に関する電極の配置である。TNモードでは、TFT基板の透明画素電極とカラーフィルタ基板の透明共通電極の間の電界で液晶をスイッチングしてバックライトの光を制御するが、スーパーTFT-LCDでは、TFT基板にある画素電極(TFT素子のソース電極と共通)と共通電極(TFT素子のゲート電極と同時形成)の間の電界で液晶を制御するので透明電極を必要としない。さらに、液晶を制御する一対の電極は、いずれもTFT素子の電極を形成するときと同時に形成できるので、TFTとの接続に際してスルーホールプロセスも必要ない。これらの特徴はいずれもプロセスの簡略化に有効であり、コスト低減にも寄与できると考える。

電極の配置では、画質の点でドレーンバスラインからの漏れ電界の影響をできるだけ少なくする必要がある。このために、共通電極をできるだけドレーンバスラインに近接配置することによって漏れ電界をここで終端し、画素電極に及ばないようにくふうした(図2参照)。

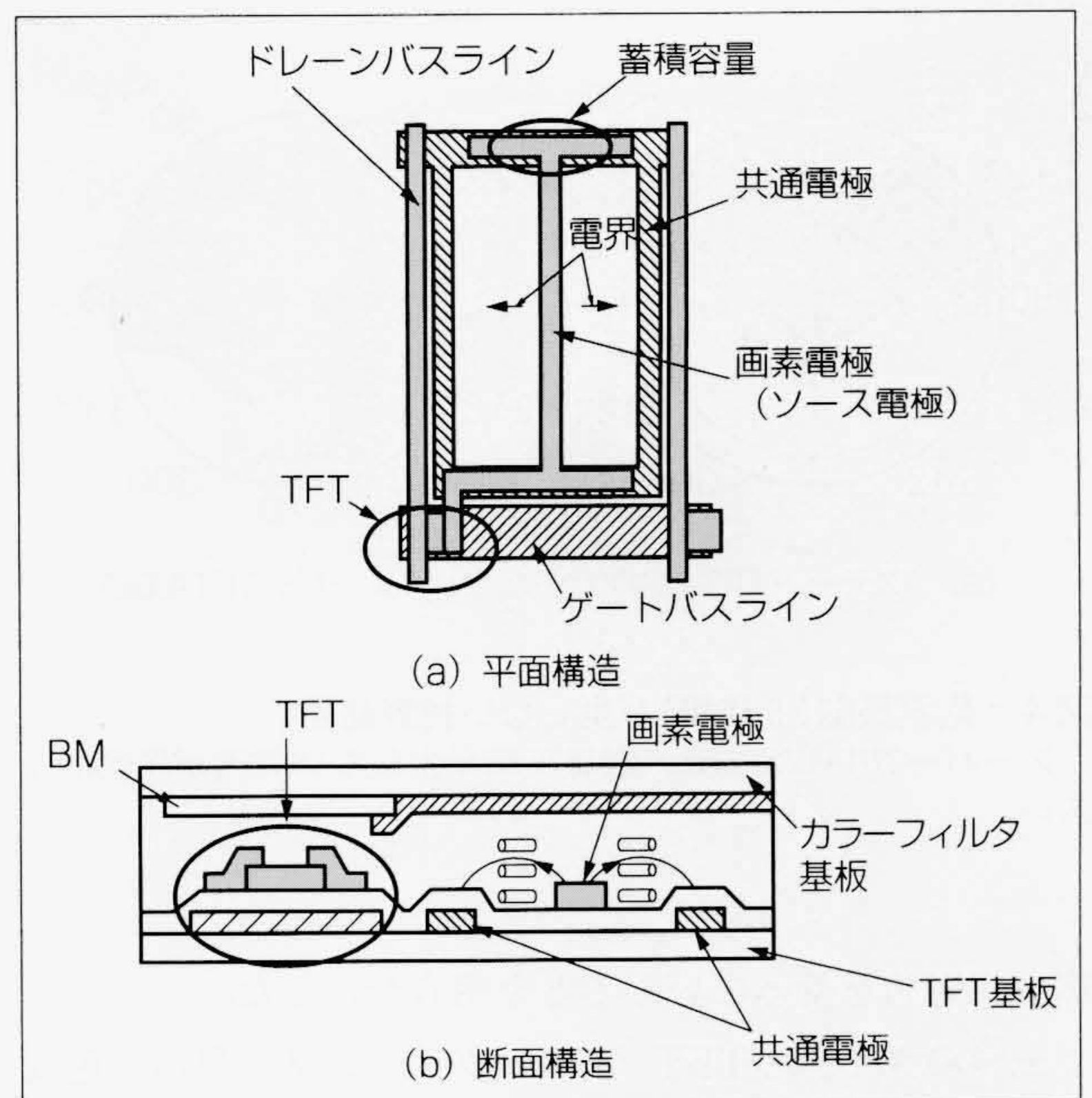
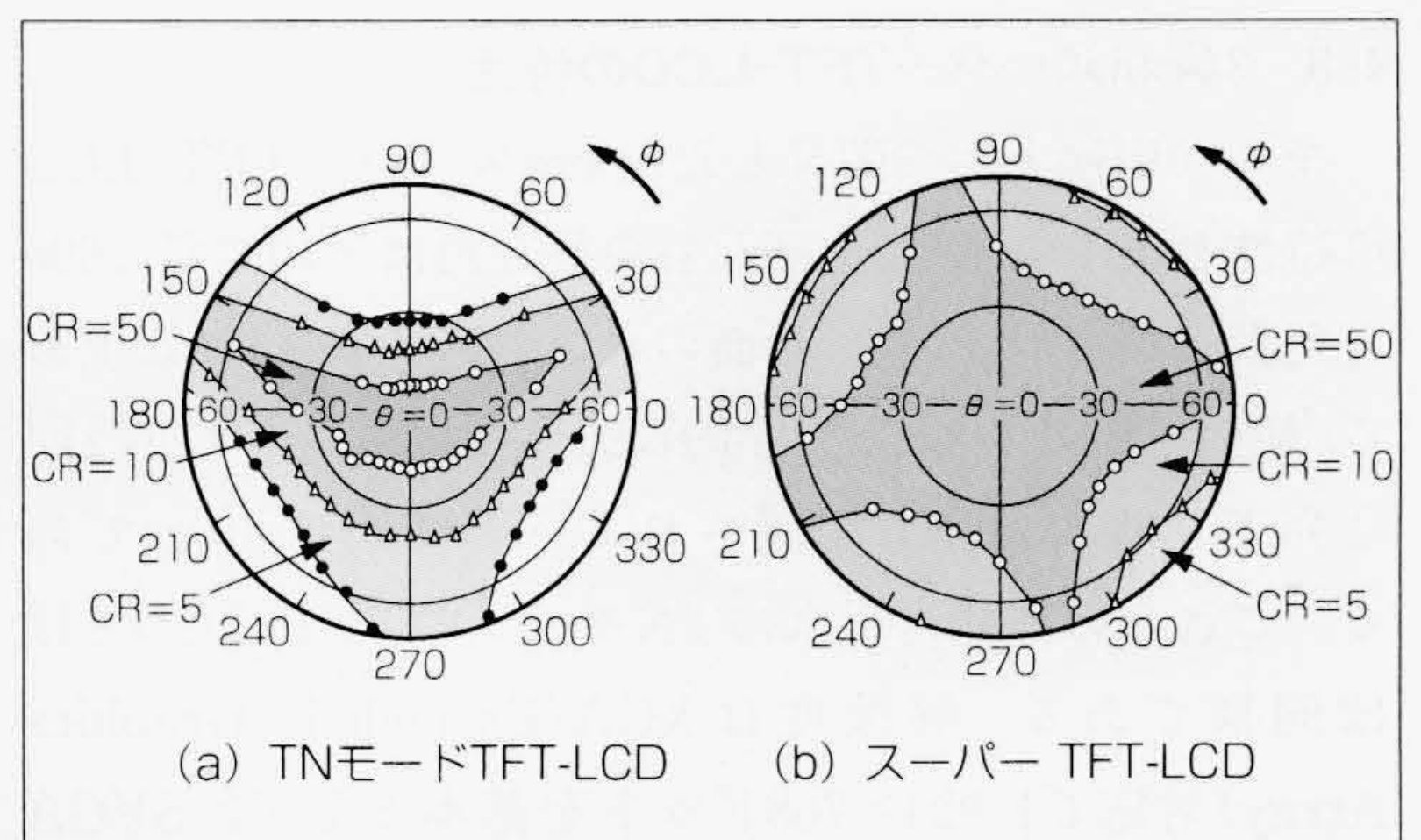


図2 スーパーTFT-LCDの画素部の平面と断面概略図

液晶に電圧を印加する一対の電極は、TFT素子の電極を利用している。

4.2 視野角特性

コントラスト一定の分布および8階調での階調反転が起こらない視角範囲を、TNモードのTFT-LCDとスーパーTFT-LCDについて評価した結果を図3、4にそれぞれ示す²⁾。ここで、 θ は表示面と成す角度、 ϕ は方位角である。スーパーTFT-LCDでは、コントラストが10以上で階調が反転しない角度 θ の最大値は45度(上下左右方向、すなわち $\phi=90, 270, 180, 0$ 度では70度)であり、従来のTNモードTFT-LCDの約10度と比べてきわめて



注：略語説明ほか CR(Contrast), θ (表示面と成す角度), ϕ (方位角)

図3 TNモードTFT-LCDとスーパーTFT-LCDの視野角特性比較

スーパーTFT-LCDでは、コントラスト $CR=10$ の視野範囲はほぼ全域にわたる。

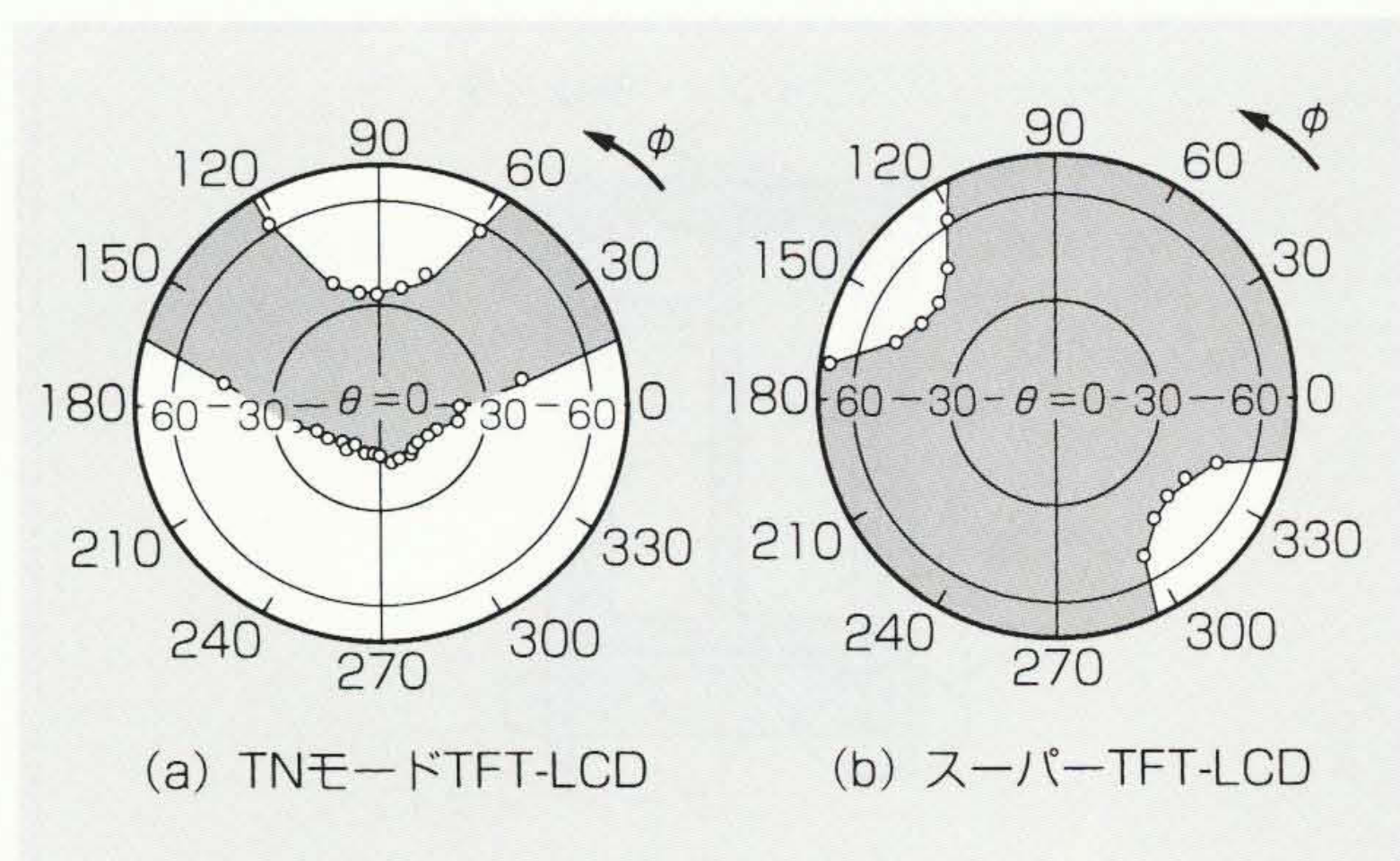


図4 階調反転(8階調)が生じない視野範囲

スーパーTFT-LCDでは、階調反転が生じない範囲が圧倒的に広い。

広い視野角を持っていることを明らかにした。

三つのタイプのTFT-LCDのカラーシフトを示す色度図を図5に示す²⁾。全方位角で $\theta = 0 \sim 50$ 度の範囲の条件で評価した実測結果である。通常のTNモードTFT-LCD、および視野角拡大のためにマルチドメイン配向させたTFT-LCDともRGB三原色のカラーシフトが大きく原色の再現性が不十分である。これに対して、スーパーTFT-LCDのカラーシフトは前2者と比較してきわめて少なく、色再現性が優れていることがわかる。白表示、中間調表示、黒表示のすべてに色を忠実に再現するには、従来のTNモードを基本にするかぎりでは対応が難しく、IPSモードで初めて実現できることを明らかにした。

新たに開発したスーパーTFT-LCDは、通常のCRTと等価な視野角 ± 70 度という広さを持ち、画質もCRTよりもクリアである。これらの表示性能は画期的であり、モニタなどに使われているCRTと比べて遜(そん)色がないレベルである。

4.3 34 cmスーパーTFT-LCDの特性

モニタ用途として開発した34 cmスーパーTFT-LCDの特性を表1に示す。上下左右の視野角は ± 70 度で1,600万色表示が可能であり、正面のコントラストは100以上ある。駆動電圧は6 Vで、光学的に90%変化する立上り時間と立下り時間の和で定義される応答時間は70 msである。これらの性能は従来のTNモードのTFT-LCDとほぼ同様である。解像度はXGA(Extended Graphics Array)対応で1,024×768ドットを基本として、SVGA(Super Video Graphics Array)(800×600ドット)およびVGA(Video Graphics Array)(640×480ドット)にも対応できるマルチスキャン機能も持っている。

34 cmスーパーTFT-LCDのモジュールとこのパネル

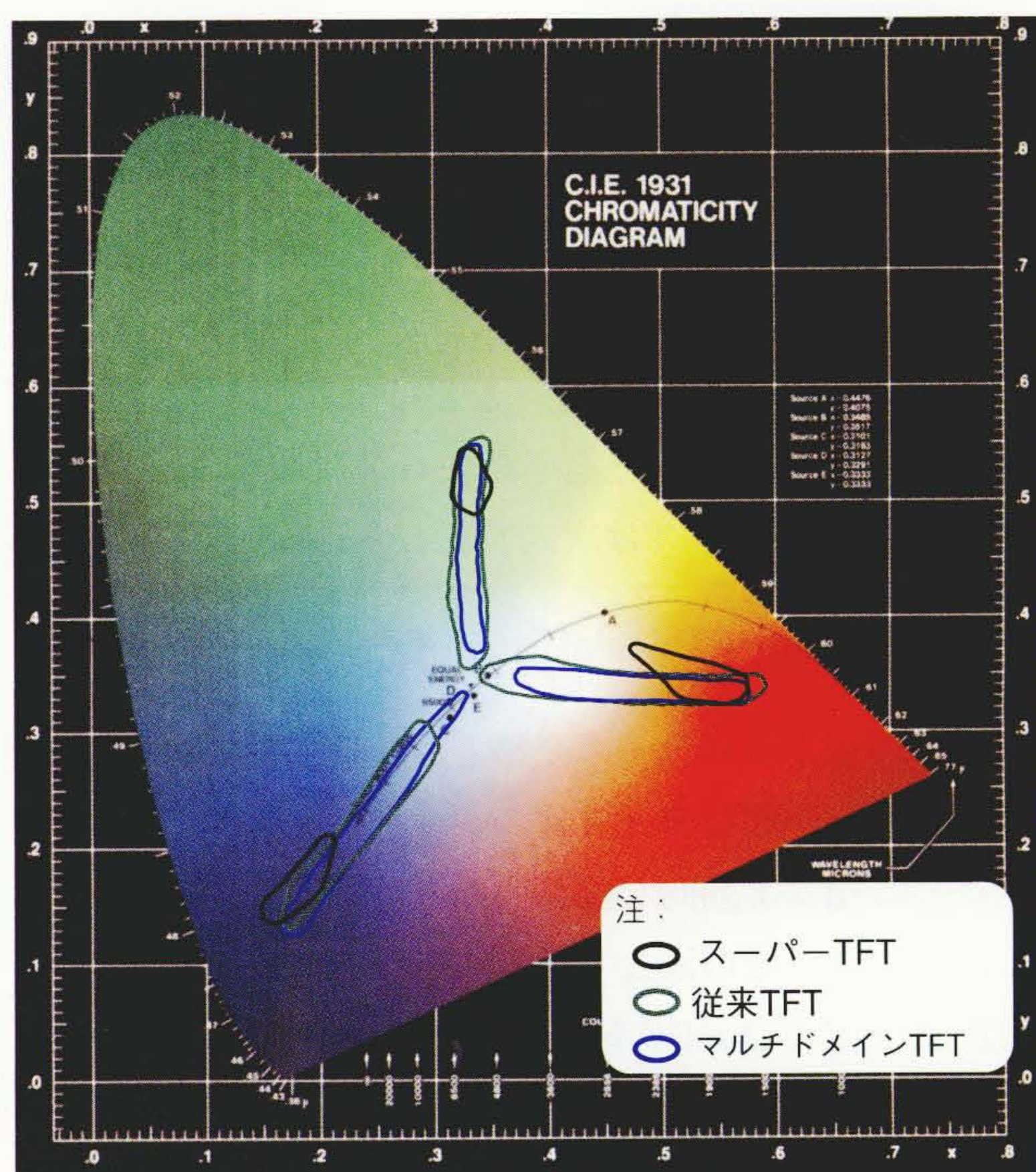


図5 TFT-LCDの構造とカラーシフト

スーパーTFTでは、従来のTFT-LCD、および視野角化の方法としてマルチドメイン化したTFT-LCDのいずれよりもカラーシフトが少ないため、再現性の良い色調が得られる。

を使った世界最初のLCDモニタの外観を図6に、パネルの上方30度、正面、左方50度から表示画像を映した例を図7にそれぞれ示す。比較のために同時に載せた通常のTNモードのTFT-LCDとは明らかに異なり、階調反転やカラーシフトがなく、前述の視野角特性の基本データ通りの画質が得られていることがわかる。

5. スーパーTFT-LCDモニタシステム

CRTモニタと互換性のあるインタフェースを装備することにより、PCやWS(Workstation)のいずれとも簡

表1 34 cmスーパーTFT-LCDの仕様

解像度はXGA仕様であるが、SVGAとVGAにも対応できる互換性を持っている。

項 目	仕 様
表 示 サ イ ズ	対角34 cm
解 像 度	1,024×768ドット
画 素 ピ ッ チ	0.264×0.264 mm
表 示 色	1,600万色
視 野 角	上下方向: ± 70 度 左右方向: ± 70 度
輝 度	120 cd/m ²
コ ン ト ラ ス ト	100 : 1
応答時間($t_r + t_f$)	70 ms
電 源 電 圧	6 V

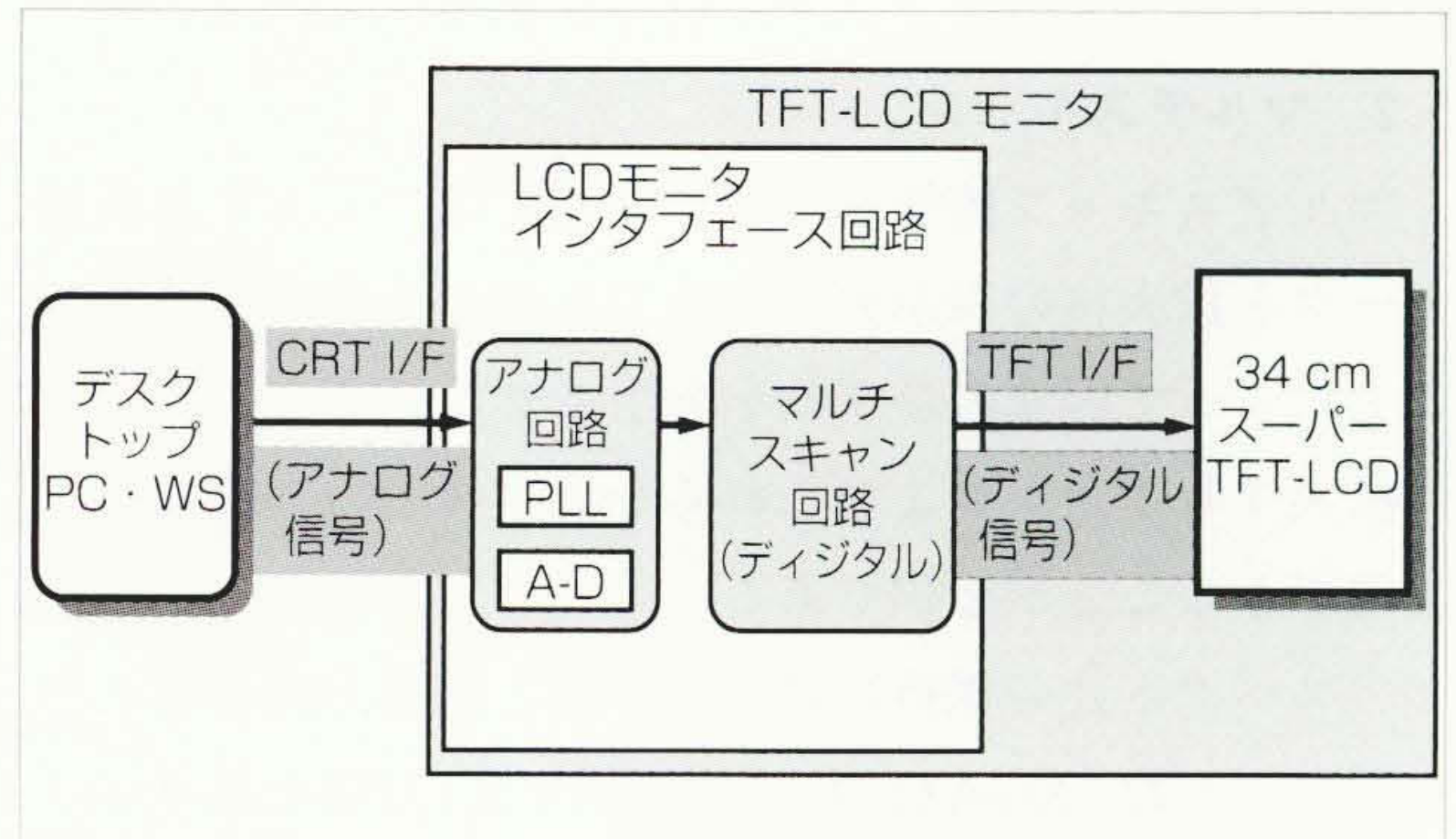


図6 34 cmスーパーTFT-LCDモジュールとモニタ
いずれも色再現性が良く、鮮明な画像が得られる。

単に接続できる⁵⁾。さらに、解像度はXGA、1,600万色表示を基本にSVGA、VGAまで表示可能なマルチスキャン対応になっており、さまざまな機種に利用できるようにした。

5.1 アナログ回路

TFT-LCDインタフェース回路のブロックダイアグラムを図8に示す。CRTインタフェースのアナログ画像信号にはTFT-LCDで使われている画像データ転送用のクロック、いわゆるドットクロック信号がない。そこで、LCDインタフェース回路の中で、PC・WSから送られてくる水平同期信号を基にドットクロック信号を発生させた。水平同期信号の位相が画像信号からずれた場合には、



注：略語説明 I/F (Interface), PLL (Phase Locked Loop)
A-D (Analog-to-Digital)

図8 TFT-LCDモニタのブロックダイアグラム

従来のCRTとの互換性を持たせるアナログ回路と、VGAからXGAまで解像度の異なる仕様にも対応できるマルチスキャン機能を持つ。

この水平同期信号から作られたドットクロックを使って画像信号のサンプリングが行われるため、正確なデジタル信号には変換できなくなる。このため、このLCDインタフェース回路に水平同期信号の位相を作る位相生成回路PLLを備えて、ドットクロックと画像信号の間に位相差をつけることにより、正確にA-D変換できるようにした。

オフセット電圧レベルを調整したアナログ画像信号は、高速ビデオ増幅器を通してA-Dコンバータに送られる。A-Dコンバータは周波数75 MHzの高速なアナログ

	TNモードTFT-LCD	スーパーTFT-LCD
上方 30度		
正面 0度		
左方 50度		

図7 スーパーTFT-LCDとTNモードTFTモニタの画像比較

スーパーTFT-LCDは上下および左右方向とも色再現性が良く、階調反転が起きていないことがわかる。

信号を8ビットのデジタル信号に変換する。

5.2 マルチスキャン

マルチスキャン機能を実現するには、入力する表示データと拡大後の表示データのアスペクト比を維持することによって画像のひずみを発生させないこと、高画質に拡大すること、およびこれらを低コストの制御回路で実現できることが必須である。

アスペクト比の保持には水平方向と垂直方向の拡大率を同じにした。XGA(1,024×768ドット)対応を基本としており、VGA(640×480ドット)データが入力されたときは1.5倍(960×720ドット)に拡大し、SVGA(800×600ドット)データが入力されたときは1.25倍(1,000×750ドット)に拡大した(図9参照)。

高画質に拡大表示をするために、従来の単純挿入拡大方式に加えて、新たに階調積分拡大方式を開発した⁶⁾。単純挿入拡大方式は、ある画素の画像信号を単純に2画素に分配する方法である。例えば、1.5倍に拡大する場合は隣接する2画素のうちの1画素のデータを2画素に、

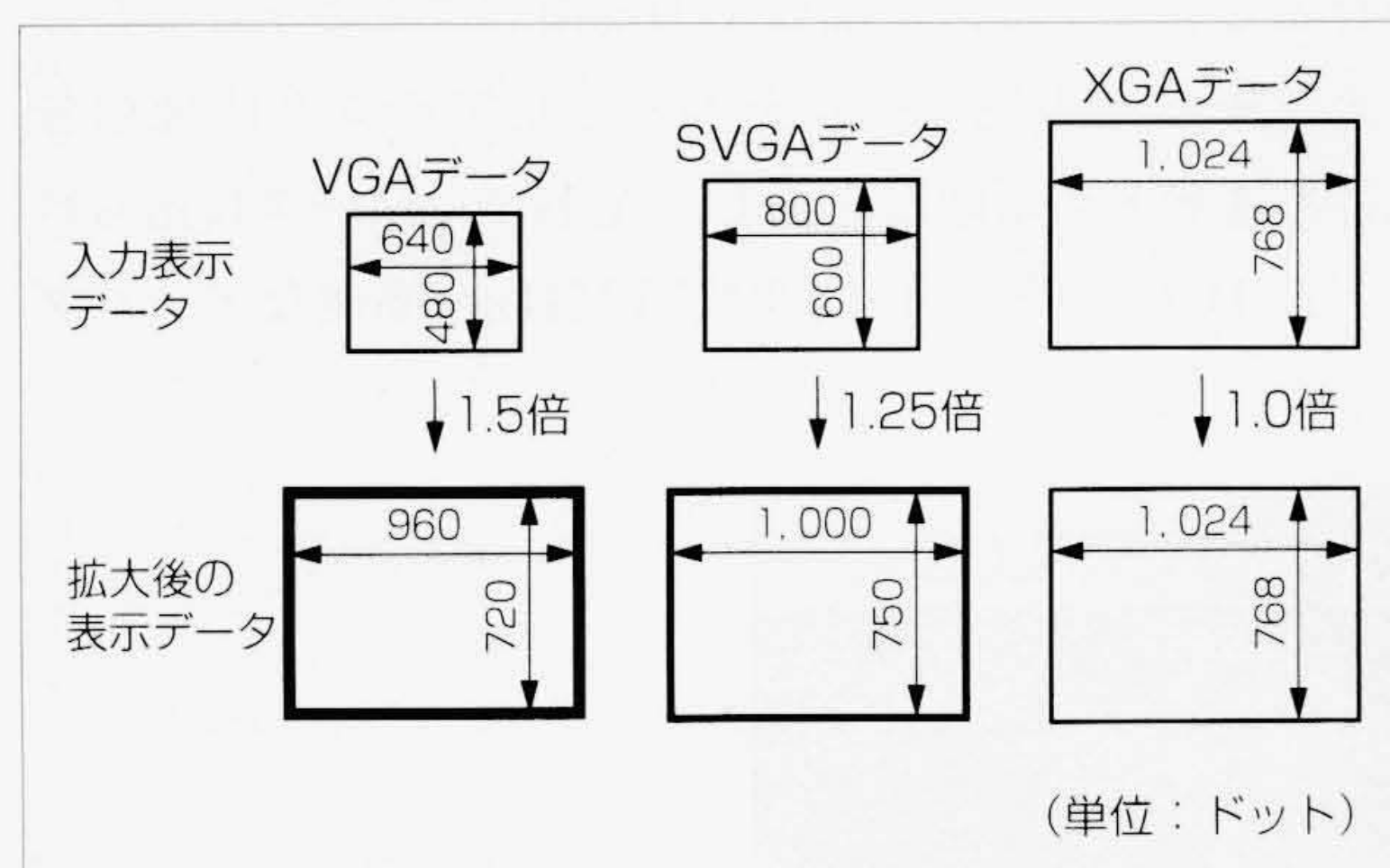


図9 マルチスキャン機能

XGAを基本に、SVGAに対しては1.25倍、VGAには1.5倍の拡大表示をすることにより、ほぼ同じ画面サイズが表示できる。

1.25倍の場合は4画素のうちの1画素のデータを2画素に分配する。

階調積分拡大方式は、隣接する画素の画像データに演算処理を加えて拡大後の画素データを再生する方法である。

上記二つの拡大方式を比較すると、単純挿入拡大方式では回路の規模の点で優れており、階調積分拡大方式では画質の点で優れている。このLCDインタフェース回路では両方の方式をサポートとしており、単純に拡大する方式に階調積分する方式を加えることにより、いっそう視角が広いというメリットが生かされて、グラフィックスや動画表示なども滑らかに美しく表示できる。

6. おわりに

ここでは、モニタの市場動向とIPSモードで動作するLCDの動作原理の概略について述べた。

この原理をTFT駆動する際に適したTFT構造について検討して対角34cmのTFT-LCDを開発し、広い視野角と色再現性の優れた特性が得られることを明らかにした。IPSモードに基づいて今回開発したスーパーTFT-LCDでは、CRTモニタに匹敵する±70度以上の視野角と、RGBのカラーシフトがきわめて少ない画質を得た。

また、モニタ用として必要なCRTモニタと互換性のあるインタフェース回路とVGA、SVGA、XGAの解像度を高画質に保ったまま対応できるマルチスキャン機能を持ったTFT-LCDモニタシステムを開発した。これらにより、CRTモニタの代替および新しいLCD分野に本格的に進出できるポテンシャルを持ったスーパーTFT-LCDを製品化した。

今後も製品開発に注力し、液晶ディスプレイ分野の発展に寄与していく考えである。

参考文献

- 1) M.Oh-e, et al. : Principles and Characteristics of Electro-Optical Behavior with In-Plane Switching Mode, Proc. of Asia Display '95 Digest, pp.577~580
- 2) M.Ohta, et al. : Development of Super-TFT-LCDs with In-Plane Switching Display Mode, Proc. of Asia Display '95 Digest, pp.707~710
- 3) R.Kiefer, et al. : In-Plane Switching of Nematic Liquid Crystals, Proc. of Japan Display '92 Digest, pp.547~550
- 4) K.Kondo, et al. : Wide Viewing Angle Displays with In-Plane Switching Mode of Nematic LCs Addressed by TFTs, Proc. of IDW '95 Digest, pp.43~46
- 5) S.Ohi, et al. : A 13-in.-Diagonal Full-Colour High-Resolution TFT-LCD with a New Analog Signal Conversion Scheme, Proc. of SID '93 Digest, pp.7~10
- 6) N.Kasai, et al. : Multi-Scan Control System for Full-Colour TFT-LCDs, Proc. of AM-LCD '94 Digest, pp.68~71