31 cm (12.1型) 高速応答・高精細の カラーSTN液晶表示モジュール

31-cm Diagonal, Fast Response, High-Resolution Color STN LCD Module

遠藤秀介*

Shûsuke Endô

工藤泰幸***

Yasuyuki Kudô

Yasushi Iwakabe



高速応答のカラーSTN(Super Twisted Nematic)液晶表示モジュール

液晶表示素子の狭ギャップ化, 低粘度液晶材料および新駆動方式の適用により, 表示品位の高い(高コントラスト, 低シャドーイング)動画像 の表示が可能となった。

ノートブック型パソコン(以下, ノートPCと言う。)の 普及が進む中で、CD-ROM (Compact Disc Read-Only Memory) などを内蔵した, いわゆるマルチメディアノー トPCの需要の伸びが目覚ましい。

この種のノートPC用ディスプレイとしてはTFT (Thin Film Transistor)液晶が用いられてきたが、TFT に対して低価格で, しかも動画像表示可能なカラーSTN 液晶ディスプレイのニーズが高まっている。

これにこたえて、120 ms(従来は300 ms)の応答性能を

持つ対角寸法31 cm(12.1インチ)で、800×600画素 〔SVGA (Super Video Graphics Array)〕 高精細カラー STNディスプレイを開発した。

この新機種では、日立製作所が開発した新駆動方式 (Hi-Addressing方式)を採用し、(1)高コントラスト、(2) 低シャドーイング、および(3) 低消費電力を実現した。さ らに、新開発の狭幅フラットTCP(Tape Carrier Package)の採用により、薄型の狭額縁構造とした。

1. はじめに

ノートPC、とりわけCD-ROMなどを内蔵したいわゆるマルチメディアノートPCの需要の伸びが目覚ましい。これは、(1)インターネットに代表されるネットワーク環境の進展、(2)半導体集積回路技術の高度化によるCPU (Central Processing Unit)やメインメモリの高速化・小型化・低消費電力化、(3)補助メモリ装置(CD-ROM、ハードディスクなど)や液晶表示装置の軽薄短小化、低消費電力化などにより、35 cm(14インチ)CRT一体型デスクトップPC並みの画面サイズ(液晶ディスプレイでは31 cm(12.1インチ)相当)の性能で省スペースという特徴を持つノートPCが実現してきたからと考える。

マルチメディアPC用の表示装置としては「動画像表示」が必要とされ、従来はTFT液晶が用いられてきたが、デスクトップPCに対抗しうる、コストパフォーマンスに優れた表示装置として高速応答カラーSTN液晶ディスプレイのニーズが高まりつつある。

ここでは、今回開発した高精細カラーSTNディスプレイに採用した技術と製品仕様について述べる。

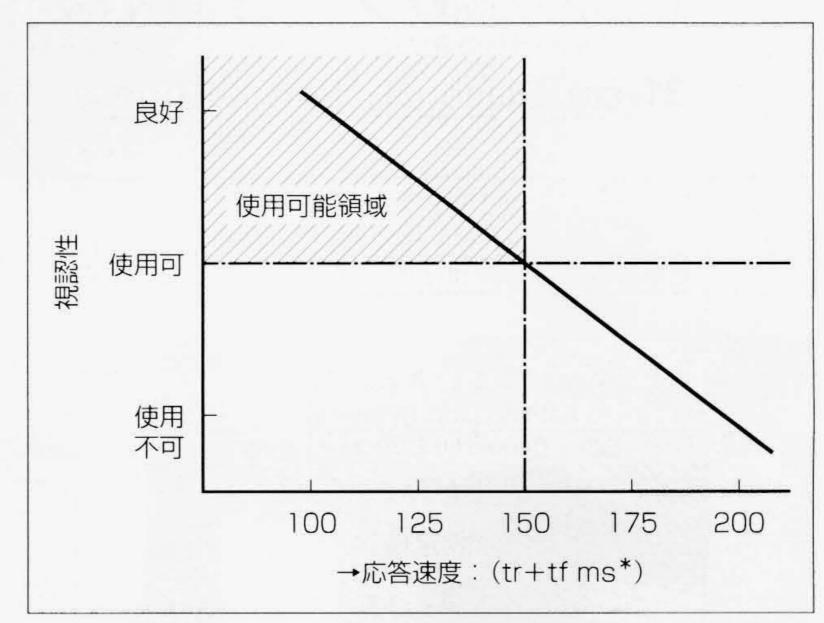
2. 技術動向と開発コンセプト

これまでのSTN液晶では、応答速度を高速化するとフレームレスポンスに起因するコントラスト低下やフリッカなどが起こり、実用が困難とされてきた。しかし、SID (Society for Information Display)で高速応答STN液晶を高コントラスト駆動するAA(Active Addressing)駆動^{1),2)}方式やMLS(Multi Line Selection)駆動方式³⁾が発表され、高速応答STN液晶の開発がにわかに注目されてきた。

しかしこれらの駆動方式は、従来駆動4)で用いられてきたフレーム周波数(80~100 Hz)でフレームレスポンスを抑制し、高コントラストが実現できるという長所を持つものの、特殊コントローラの実装が不可欠という短所を持っているので、STN液晶に期待される優れたコストパフォーマンスを実現する点で課題があった。

そこで、第3の駆動方式として特殊コントローラを実装せずにフレーム周波数を高くしてフレームレスポンスを抑え、しかも高フレーム周波数駆動によって発生するシャドーイングや消費電力の増大を抑える新駆動方式(Hi-Addressing方式と命名した。)5),6)を開発して製品への適用を図った。

また, 画面サイズと解像度は35 cm(14インチ)CRT-



注:*応答速度の定義は10~90%の時間とした

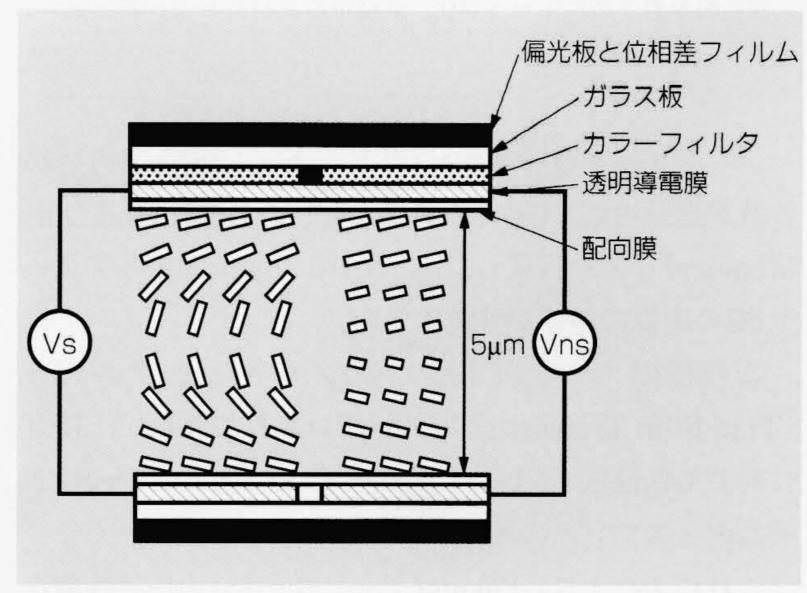
図1 応答速度に対する動画像の視認性特性

応答速度が150 ms以下であれば、PC上の動画像を十分表現できる。

体型デスクトップPCに対抗しうる性能を実現するために、 $31 \text{ cm}(12.14 \times f)$ の対角サイズと 800×600 画素 SVGAの解像度とした。

3. 動画像表示の実現

STN液晶で動画像を実現しうる応答性の定量評価を行った。STN液晶の応答を高速化していくと,動画像表示の残像が軽減され,実用的には150 ms以下であればPC上の動画像(毎秒15~30フレーム)が十分表現できる(図1参照)。150 ms以下の応答をSTN液晶で実現するためには,以下の式で示すとおり液晶表示のギャップと材料の粘度を下げればよい。120 msを実現しうるギャップと粘



注:略語説明 Vs(選択電圧), Vns(非選択電圧)

図2 STN液晶表示素子の断面図

高速応答化のためにガラス間のギャップを5µmとした。

高速液晶材料の物性値 表 1

低粘度でかつ高\(\Delta\)nの材料の選定により、高速応答で高コントラ ストを可能にした。

項目	物性量
屈折率異方性: △n(633 nm, 20°C)	0.173
粘 度:η(mpa·s)(20°C)	13.1
誘電率異方性: $\Delta \varepsilon$ (0.2 V, \mid kHz)	7.4

度の設定値を図2と表1にそれぞれ示す。また前述した とおり、高速応答STN液晶ではフレームレスポンスに起 因するコントラスト低下がおこるため高フレーム周波数 駆動が必要となり、その設定値は中速応答STNと同程度 のコントラストが維持でき、しかもシャドーイングが増 大しない周波数(160 Hz)とした(図3参照)。

$$\tau \sim \eta \times d^2$$
(1)

$$\Delta n \times d = \equiv \equiv \cdots \cdots (2)$$

ここに, τ:応答(ms)

η:粘度(mpa·s)

d:ギャップ(μm)

Δn:屈折率異方性

4. 新駆動方式(Hi-Addressing方式)

前述した高フレーム周波数駆動は、シャドーイングと 呼ばれる表示むらの増大と消費電力の上昇が問題とな る。消費電力とシャドーイングの増大を改善する目的で

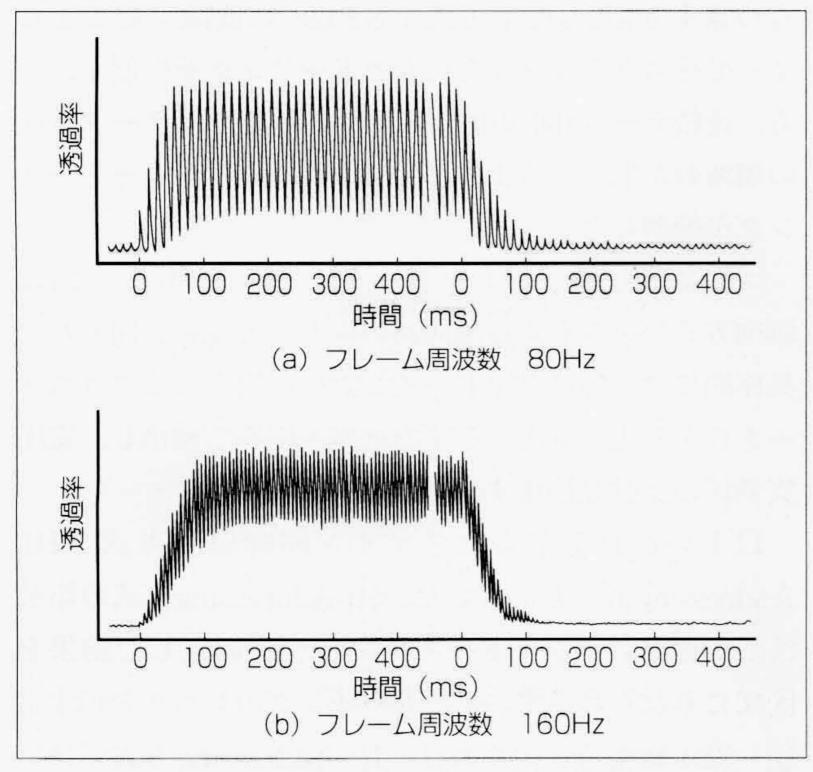


図3 フレームレスポンスのフレーム周波数依存性

160 Hzのフレーム周波数で中速応答時のフレームレスポンスと 同等程度となり、高コントラストが可能となる。

開発した新駆動方式について以下に述べる。

4.1 低消費電力化

従来の駆動方式である電圧平均化法4)では、液晶交流 動作時に電圧レベルを変動させ、走査側、データ側の駆 動電圧を等しくしており、SVGAクラスの解像度では約 30 Vの駆動電圧を必要としていた。そこで、低消費電力化 を実現するために、使用個数が多く、出力電圧の変化が頻 繁なデータドライバ側の駆動電圧を下げることによって 効果が出ることに着目し,駆動方式を見直すことにした。

駆動方式を考えた場合,液晶の駆動電圧レベルは何ラ インを同時に選択するかに依存する。この特性を図4に 示す。同図から、同時選択ライン数が少ないほどデータ 側の駆動電圧は低下することがわかる。仮にデータ電圧 が5V以下にできると、データドライバLSIを標準的な ロジックプロセスで製造することが可能であり、これに よって低消費電力化だけでなく低コスト化も同時に実現 できる。

この条件を満たす同時選択ライン数は1ラインまたは 2 ラインであるが、後述するシャドーイング低減効果が 高いことを理由に2ライン同時選択方式を用いることに した。2ラインの選択波形を従来方式と比較したものを 図5に示す。この方式により、STN液晶駆動部の消費電 力を約40%低減することができた。

4.2 低シャドーイング化

シャドーイングとは、表示されるパターンの上下部で の表示輝度が本来の輝度とは異なり、表示むらとして見 える現象である。シャドーイングは液晶印加電圧の実効

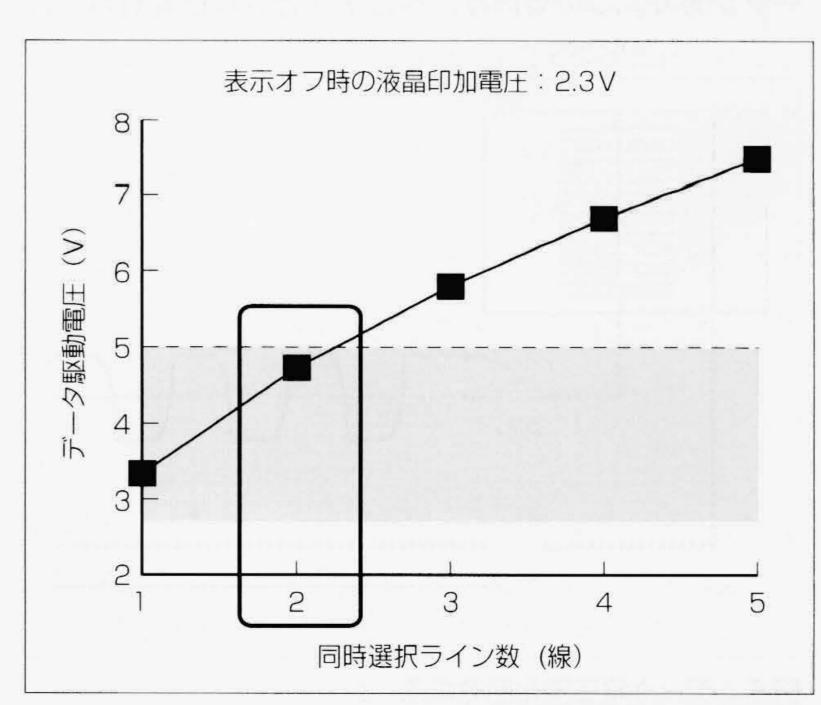


図 4 同時選択ライン数とデータ駆動電圧の関係

同時選択ライン数を2以下にすることによってデータ駆動電圧 を5V以下にすることができる。

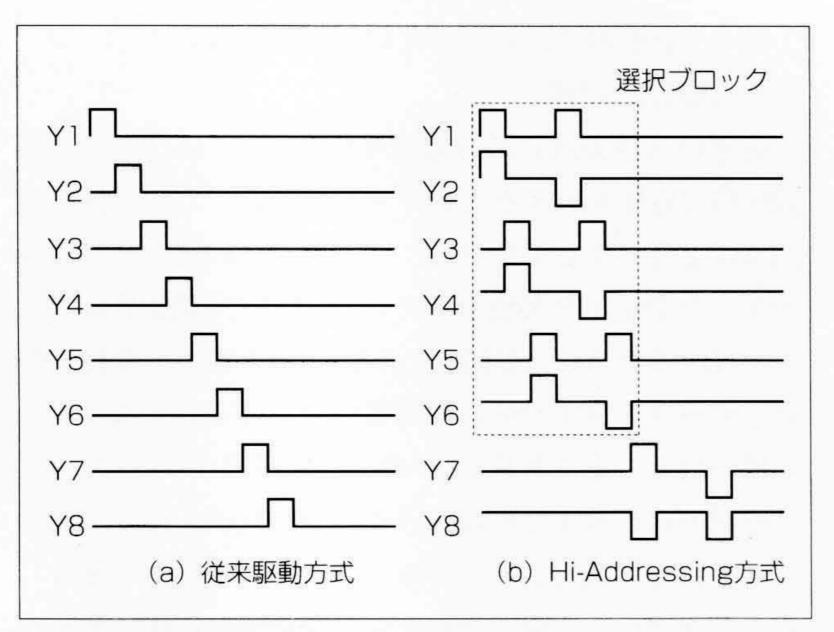


図 5 各駆動方式の選択走査波形

Hi-Addressing方式では、6 ラインで一つの選択ブロックを構成し、この中で選択電圧を2回に分けて2ラインずつ与える。

値が変動するために発生する。この電圧変動の要因の一つとして、データ電圧変化回数の差があげられる。従来駆動での横ストライプ表示の場合、横ストライプ表示部のデータ電圧は変化が頻繁となり、背景のデータ電圧波形と比べて波形の鈍りが大きく、液晶印加電圧実効値、すなわち表示輝度が低下する(図6参照)。これを改善するには、各種表示パターンに対してデータ電圧変化回数が均一になればよいが、従来の電圧平均化法では表示データに対したデータ波形を出力するために、データ電圧変化回数の均一化は原理的に不可能であった。

一方, そのほかのシャドーイング要因として, データ 電圧変化が液晶を介して走査電圧をひずませるクロスト ークがある。この要因は, べた塗り背景に縦罫(けい)線

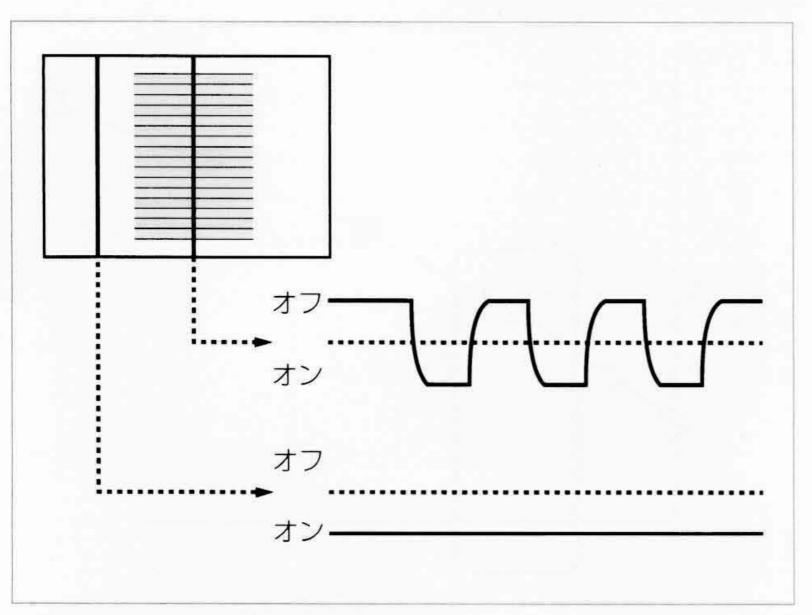


図6 データ電圧変化回数の差

従来駆動方式の場合, 横ストライプ部のデータ電圧は背景部と比べて電圧変化回数が多いため, 波形鈍りによる実効値低下が激しい。

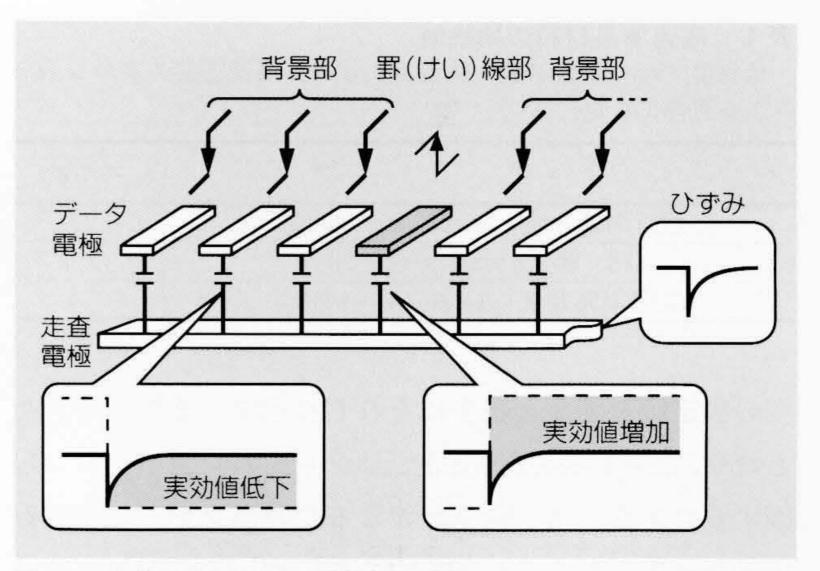


図7 走査電圧ひずみの模式図

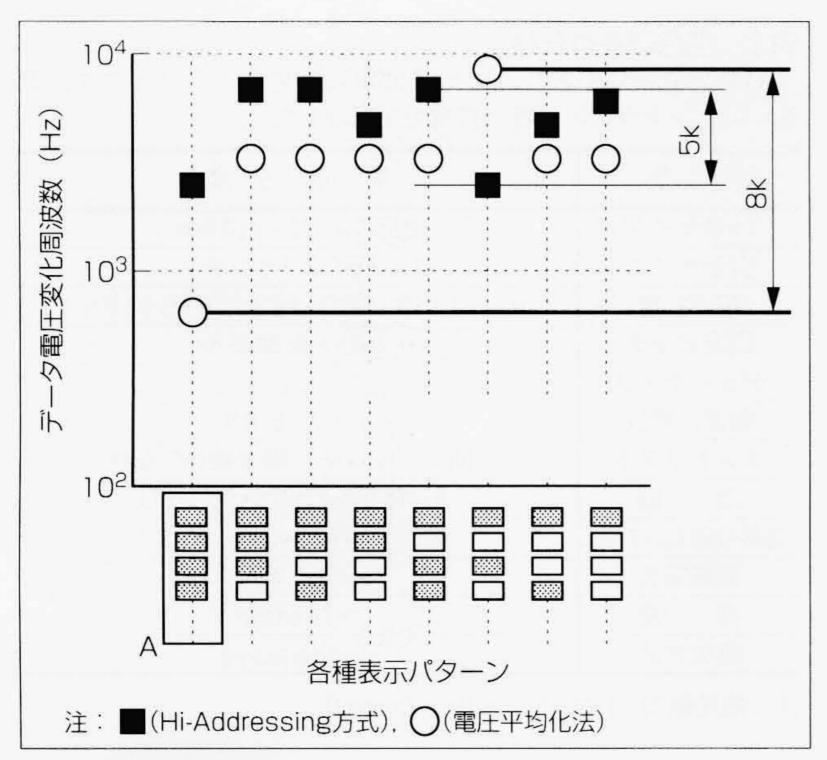
背景部のデータ電圧が一斉に変化することによって走査電圧の 波形ひずみが発生し、この影響で液晶印加電圧実効値が増減する。

を表示する場合に顕著である。これは、背景部のデータ電圧が一斉に同方向に変化した際に生じる走査電圧のひずみにより、液晶印加電圧実効値が罫線表示部では増加し、反対に背景表示部では減少するためである(図7参照)。このクロストークを改善するには、その原因となるべた塗りの連続データに対し、その電圧変化回数をできるだけ少なくすればよい。

そこで、2ライン同時駆動方式がデータ電圧のレベルを直交関数との演算によって決定できる70.80ことに着目し、直交関数を最適化することでシャドーイングを抑制するデータ電圧波形を作った。具体的には図8に示すように、各種表示パターンに対してデータ電圧周波数のばらつきを5kHz(従来方式:8kHz)に低減することによって横ストライプなどのシャドーイングを抑制し、一方、連続データ(同図中Aの部分)に対してはデータ電圧の周波数が低くなるようにして、罫線表示のシャドーイングを抑制した。

さらに、罫線表示のシャドーイング低減にあたっては、 駆動方式だけでなく電源回路の面からも改善を図った。 具体的には、罫線シャドーイングの原因となるクロスト ークによる走査電圧のひずみを電源回路で検出し、電圧 実効値の変動を補正する回路を取り入れた。

以上の改良を加えた 2 ライン同時駆動方式を Hi-Addressing方式と命名した。Hi-Addressing方式の駆動 波形を図 9 に、シャドーイング特性を測定した結果を図10にそれぞれ示す。シャドーイングのレベルを示す電圧一表示輝度特性のずれは、Hi-Addressing方式でほぼなくなり、また目視でもシャドーイングを認識できないレベルにすることができた(図10参照)。シャドーイング



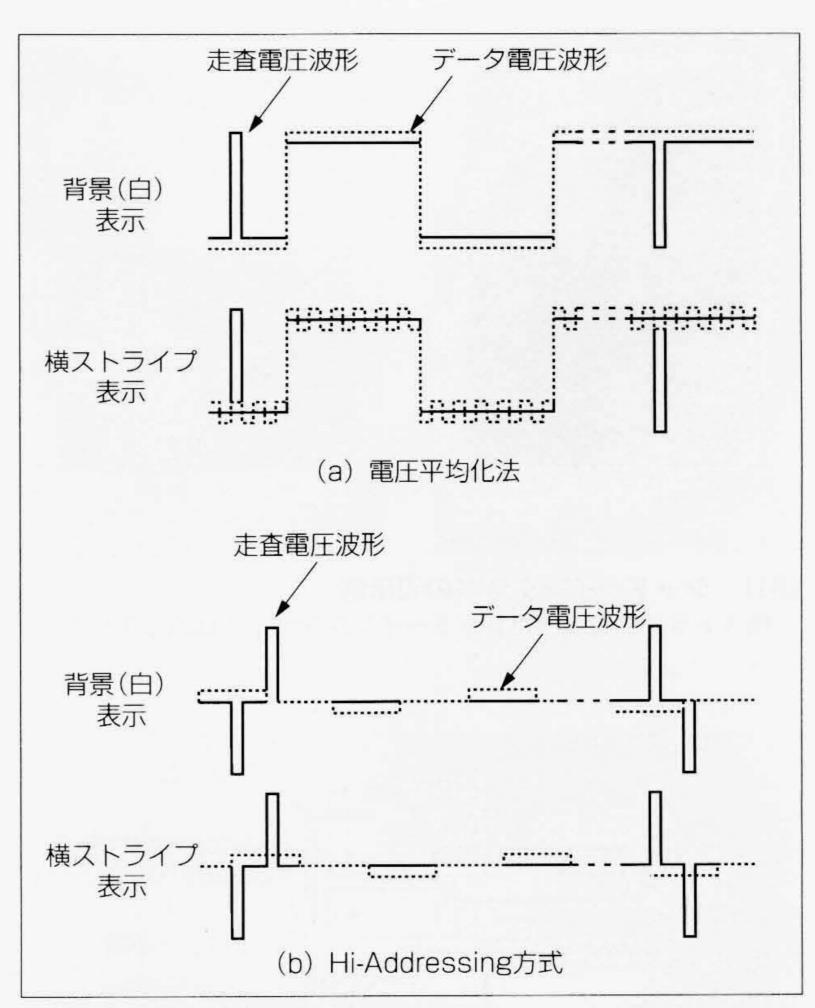
各種表示パターンに対するデータ電圧周波数

Hi-Addressing方式では、各種表示パターンに対するデータ電圧変 化周波数の帯域を8kHzから5kHzに均一化した。これにより、デー タ電圧変化回数の差で発生するクロストークを低減した。

低減の表示例を図11に示す。

5. 狭額縁構造

限られたスペースの中で有効表示画面を大型化するた めには、液晶表示モジュールの額縁部分の寸法を最小化 することが必要である。額縁幅を小さくするためにTCP 構造に着目し、前述したデータ電圧5V化によるドライ バチップのシュリンク化, およびTOC (Tape on Chip) 構 造の採用により、幅5.0 mmという超スリムなTCPドラ イバを開発した。これにより、対角31 cm(12.1インチ)画 面サイズでA4ファイルサイズのノートPCに実装可能な 縦寸法202.5 mmを実現した。液晶モジュールの額縁部



各駆動方式の液晶印加電圧波形

Hi-Addressing方式では、液晶印加電圧の交流化に伴うデータ電圧 レベルシフトを行わないため, 駆動電圧が非常に低い。また, 白表 示と横ストライプ表示では, データ電圧波形の変化回数は等しく なる。

の断面構造を図12に示す。狭額縁に適していると言われ てきた折曲げTCP構造に比べて、構造の単純化と、導光 体入光部の入射光効率の向上によって低消費電力化を図 ることができた。

6. 製品仕様

マルチメディア対応ノートPCを対象に高速応答化と

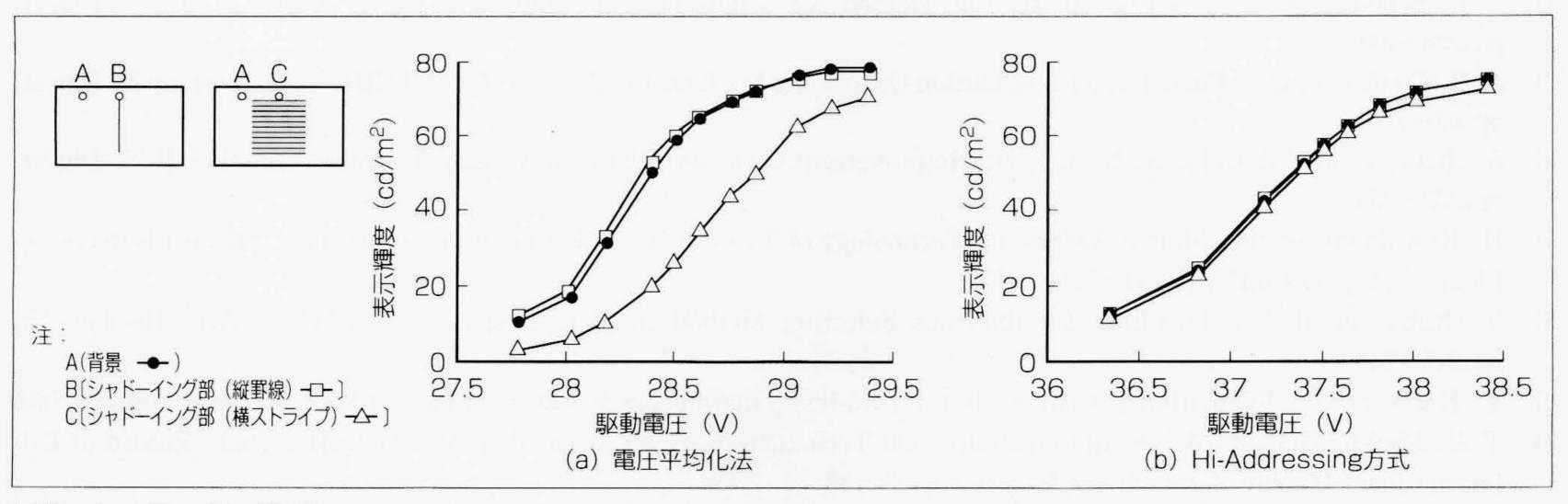


図10 シャドーイング特性

Hi-Addressing方式では、シャドーイング発生量を示す駆動電圧―表示輝度特性のばらつきがないため、良好な画質を得ることができる。

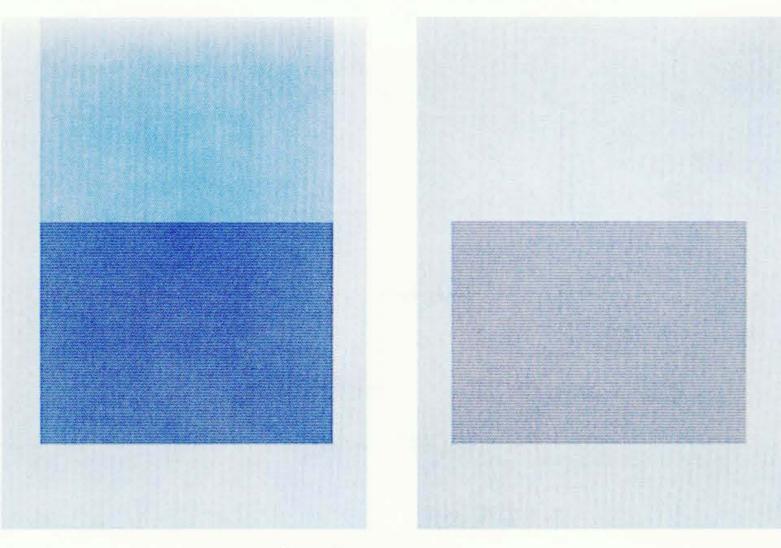


図11 シャドーイング低減の表示例 横ストライプ表示でのシャドーイングを大きく低減している。

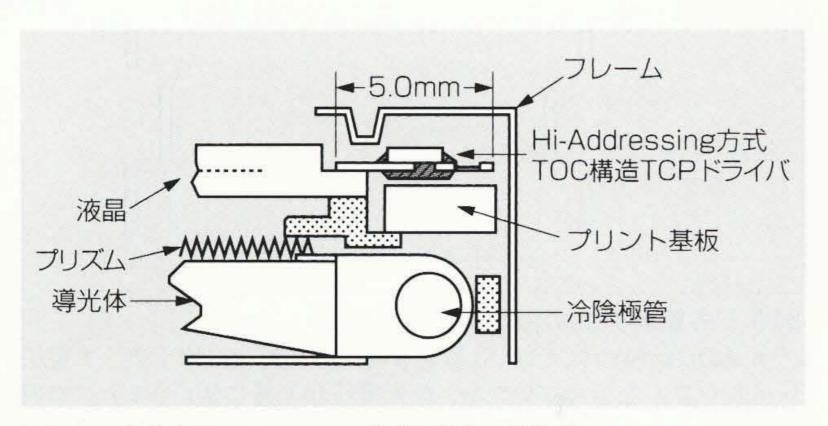


図12 液晶表示モジュール額縁部分の断面

超スリムTCPの採用により、構造の単純化と導光体入光部の光利 用効率の向上を図った。

高表示品位(高コントラスト,低シャドーイング)を両立させ,さらに低消費電力と大画面化(狭額縁化)を追求した800×600画素SVGAのカラーSTN液晶ディスプレイを開発した。また、インタフェースは特殊コントローラなどの実装が不要なため、従来駆動方式と同一インタフ

表 2 開発製品の仕様

A4ファイルサイズのノートPCに実装可能な外形サイズで、高速・高コントラスト・低消費電力を実現した。

項目	開発仕様	
外形サイズ	202.5×275×8.0 mm	
表示サイズ	31 cm(12.1インチ)	
解 像 度	800(水平)×600(垂直)(画素=R+G+Bドット)	
画素ピッチ	0.3075×0.3075 mm	
デューティ比	<u> 1</u> 300	
電源, 電圧	. 3.3 V, 5.0 V	
コントラスト	>30:I(フレーム周波数160 Hz時)	
階 調	16(FRC)×4(ディザリング)	
応答速度(T _{on} +T _{off})	120 ms	
消費電力	3.0 W	
輝 度	$>$ 70 cd/ m^2	
駆動方式	Hi-Addressing	

注:略語説明 FRC(Frame Rate Control)

エースとなり、互換性の向上が可能となった。製品仕様を表2に示す。

7. おわりに

ここでは、マルチメディア対応ノートPC用に特化した 高速応答のカラーSTN液晶ディスプレイについて述べた。 このディスプレイでは、高コントラスト、低シャドー イング、および低消費電力を実現し、幅5.0 mmという超 スリムなTCPドライバの開発によって狭額縁化を図った。 今後は、STNの特長である優れたコストパフォーマン スを生かすために、モニタ用途への利用が進むものと期 待できる。このようなユーザーの期待にこたえるために、 今後もいっそうの性能向上を目指して技術開発と製品化 に取り組んでいく考えである。

参考文献

- 1) T.J. Scheffer, et al.: Active Addressing Method for High-Contrast Video-Rate STN Display, SID '92 Digest, pp.228~231
- 2) A.R. Conner, et al.: Pulse-Height Modulation Gray Scale Methods for Passive Matrix LCDs, Japan Display '92 Digest, pp.69~72
- 3) S. Ihara, et al.: A Color STN-LCD with Improvement Contrast, Uniformity, and Response Times, SID '92 Digest, pp.232~235
- 4) H. Kawakami, et al.: Matrix Addressing Technology of Twisted Nematic Liquid Crystal Display, SID-IEEE Record of Biennial Display Conf., pp.50~52(1976)
- 5) Y. Kudo, et al.: A Two-Line Simultaneous Selection Method for Fast-Response STN-LCDs, Asia Display '95, pp.245~248
- 6) Y. Kudo, et al.: Evaluation of Gray Scale for Two-line Simultaneous Selection, Proc. of SID '96 Digest, pp.857~860
- 7) T.N. Ruckmongahan: A Generalised Addressing Technique for RMS Responding Matrix LCDs, Conf. Record of 1988 International Display Research Conference, pp.80~85
- 8) T.N. Ruckmongahan: Addressing Technique for RMS Responding LCDs, Japan Display '92 Digest, pp.77~80