1. 高度情報用平板形ディスプレイ

Flat-Panel Displays for High Information Content

A. R. Kmetz
佐々木 昭 夫 (訳)

表題の「平板形」とは、CRT よりもずっと薄い (数 mm～数インチ) ことを意味し、「高度情報」とは CRT と同程度の情報量を意味する。そのようなディスプレイデバイスとして、プラズマディスプレイ、EL ディスプレイ、真空蛍光ディスプレイ、平板形 CRT、液晶ディスプレイをとり上げ、それらの研究開発の現状を展望する。

1. ま え が き

新しいディスプレイが評価される基準として、陰極線管 (cathode-ray tube, CRT) が引き合いに出される。そのディスプレイが“平板形 (flat panel)”であると呼ばれるには、CRT よりかなり薄くなければならない。この定義によれば、平板形 CRT そのものをも含めて、少なくとも十数種類の異なる技術を用いることにより、厚さが数 mm～数インチの範囲になったディスプレイを指すことになる。

“高度情報量 (high information content)”表示と呼ばれるには、そのディスプレイが CRT とほぼ同程度の情報を表示できねばならない。CRT には、競技場の超大形表示における 1 絵素を構成するものや、写真凸版に用いる文字 1 行を表示する特別な目的のものがあり、また、1000 行以上表示できる高解像度のものがある。

平板形ディスプレイに対して基準として考えられる CRT は、市販されているテレビの CRT やコンピューター端末に用いられている CRT である。最近の技術発達により、プラズマディスプレイに加えて、エレクトロルミネセントディスプレイ、蛍光表示管、さらに液晶ディスプレイまでもが、高度情報用ディスプレイの可能性を示している。これらのディスプレイがい

ったん市場に参入すれば、それらは、CRT の価格や性能と競いあわねばならない。商業的な成功をおさめるには、それらは、液晶ディスプレイの低消費電力のような独特な性能をもつか、競合する価格においては、比較し得る性能を示さねばならない。

2. 平板形発光パネル

2.1 プラズマディスプレイ

交流プラズマディスプレイパネル (plasma display panel, PDP) は、20 年程前に発明されたものである。1 頁程度の情報量のディスプレイ (full-page display) は 1970 年から可能であった。それ以来、性能と信頼性は改良されてきているが、CRT の市場に注目に値するようなシェアを占めるには至っていない。それらは、競合する CRT と比べて価格が高いために、軍のシステムのような特別な用途に追いやられている状況である。

現況を示すものとして、対角寸法が 17.2 インチで、768×960 の交流 PDP を取り入れた IBM 581 ディスプレイのサブシステムがその良い例である。その装置は多数作製の場合 2000 ドルであるが、競合する高解像度 CRT に比べておよそ 1200 ドル高い。この差額は、システム全体の価格と比べて小さいものであれば、それほど高価ではないかも知れない。もし、同様の技術により、1 頁程度情報の最小量表示 PDP を作製したとすれば、575 ドル程かかり、これは安価にして同様な表示能力をもつ CRT の価格のおよそ 7 倍で

A. R. Kmetz (Bell Laboratories, U. S. A.)
Akio Sasaki (Faculty of Engineering, Kyoto University,
Kyoto, 京都大学工学部)

ある。

交流 PDP の価格の大部分は、多数の高電圧駆動回路によっているため、各種のシフトレジスタアドレス法が開発中である。多相クロック方式を用いて数多くの電極を結合することは、多くの駆動回路を節約することができるが、シフト速度が制限され、解像度は悪くなる。

パロース (Burroughs) 社は最近、走査用の直流プラズマセルフシフトレジスタ上に交流 PDP を重ねることにより、解像度の低下を回避した混成形のディスプレイを発表した。このデバイスの成功は、IC 駆動回路の節約に比べて、より複雑な構造のものを作るための余分な価格が少なくすむかどうかにかかっている。

2 段に分かれたメタライゼーションは、PDP の (価格/性能) を改善し得るひとつの方法である。もし、交流 PDP の行と列の電極が同一基板上に作製できれば、これらの電極からの洩れ電界により放電が維持される。こうした場合、ガラス平板間の間隔の寸法出しは作製において、もはやきわどい工程でなくなる。さらに、カバーガラス上に電極がないので輝度が向上し、また紫外線励起用蛍光体に関して比較的イオン衝撃の少ない場所が得られるようになる。

ソニーは、試作品において、リフレッシュ形直流 PDP に、1 つないしいくつかの交流結合トリガー電極を加えるのに 2 段に分かれたメタライゼーションを用いている。高電圧のトリガーパルスが初期放電を生じさせるため、主放電に必要な陽極と陰極へのそれぞれの電圧が、わずか 30 V と 50 V となる。これらの低電圧のために、陽極と陰極の駆動回路の価格を低くすることができるに違いない。さらに、多数のトリガー電極と、まとめて数を少なくした陰極でのマトリクス選択は、必要な駆動回路の数を大幅に減少する。

わずか 32 の陰極側駆動回路と 8 つのトリガー駆動回路で動作し得る 256 行のディスプレイが報告されている。ソニーのデバイスはスクリーン印刷技術により、解像度が 127 絵素/インチと高いが、輝度は 256 行表示でわずか 25 fL であり、また走査線の数とともに直線的に減少する。

2.2 エレクトロルミネセントディスプレイ

交流薄膜エレクトロルミネセントディスプレイ (electroluminescent display, ELD) は、交流プラズマディスプレイを固体化したものとみなすことができる。

ELD は薄い単一ガラス基板上に連続的に薄膜を堆積することで形成され、誘電体層により電極と分離さ

れた ZnS:Mn 活性層を含んでいる。また、電極の少なくとも一方は透明である。電気分解によって劣化しないように、湿気は作製中およびその後においても避けなければならない。そのため密封パッケージが要求される。光は、ZnS に加えられた高電界による放電電流によって発生される。しかし、この放電電流は誘電体層の容量によって限定されている。連続的な交流パルスにより繰り返して光パルスが生じることになる。

交流プラズマパネルと類似したメモリー動作は、交流薄膜 ELD で得られているが、発光効率は悪くなり、安定性は満足できるものではない。シャープは最近、周辺部を含めて価格が 700 ドルである 240×320 ノンメモリー ELD の大量生産を始めた。それは 1 万時間の動作で輝度低下は 30% を越えないと報告している。

より高度情報化のために、大きなディスプレイへの拡張は簡単なことではない。もちろん高い均一性と安全性をもつ薄膜の多層堆積がより大面積にわたって必要であり、歩留りは悪くなるであろう。また、導電性の良くない透明電極の長時間の使用のもとで、特に、EL の急峻な輝度-電圧特性では、発光の均一性を維持するのは困難であろう。また、電力消費量も予想以上に早く増大する。なぜなら、このデバイスの容量はプラズマディスプレイと比べて非常に大きいので、マルチプレックスにおける半選択点の絵素の充放電が電力消費量の大部分を占めるからである。

電力は、およそ面積と走査線数の積に比例する。零値に戻らないデータ波形と 1 走査後、絵素すべてにリフレッシュ電圧を加える方式を用いても、A4 サイズで 1000 行表示の薄膜 ELD は 100 W 以上を消費する。他に、アドレス継続時間がおおよそ 30 ms 以下になると起こる輝度の低下も考慮する必要がある。これは、デバイスを改良しない限り、500 行あたりが限界であることを意味する。電歪からの音響ノイズもまた、大きいパネルにおいては問題になるかも知れない。

薄膜 ELD を改良する多くの方法が追い求められている。黒色の層を加えることにより、大面積 ELD に不可欠なコントラストを大幅に強化できる。誘電層または絶縁層の性質は ELD にとり重要な要因である。ELD の絶縁層には少なくとも薄膜コンデンサの絶縁層の 2 倍の応力がかかる。

重要な性能指数として、最大蓄積電荷量、つまり誘電率と降伏電界との積がある。これが大きくなると、動作電圧を低くし、出力光を増すことができる。しかし、絶縁層については、ZnS との界面で電極と有害な相互作用を起こすことなく、適当なキャリア密度と

エネルギーを供給することも必要とされる。絶縁破壊に導くいろいろな欠陥は避けられないものなので、点欠陥があっても急に増殖せず、その場所に留まるようなデバイス構造になるよう、絶縁層、導電層が構成されねばならない。

これらの様々な要求にもかかわらず、改良が加えられ、特に複合誘電層による改良が著しい。他の色発光のための様々な活性剤、それに低電圧動作に適したZnSeのような他の活性母材もまた試作されている。電子加速と光放出のための層を分けたような巧妙なデバイス構造が提案され、またそれはコントラストをあまり犠牲にせずに光吸収を低減することが可能なようである。メモリー効果に対する理解もまた進展しつつある。

2.3 真空蛍光

蛍光表示管 (vacuum fluorescent display, VFD) はどういうわけか、欧米のディスプレイに携わる人達に、さして熱狂するような注目を集めなかった。とりわけ、陽極に蛍光物質を塗った3極真空管は洗練されていなくて時代遅れにさえ見える。しかし、VFDは高温のフィラメント、細かい網目のグリッド、高真空を必要とするにもかかわらず、非常に数多く低価格で生産されているので、発光ダイオードや小形のプラズマディスプレイの市場の大部分を占有している結果となっている。

12 V 程度の低電圧で動作しているにもかかわらず、VFDは明るく、効率が良くて丈夫で信頼性が高い。その心地良い青緑色の発光のみならず白色をも含めた他の色も可能となってきた。ただその場合、効率の低下を伴うことになる。巧妙なアドレス方式や優れた機械的構造のVFDにより表示量が増え、幾つかの研究所で全1頁の情報量のディスプレイが可能であることを示すまでになった。

しかし、細かく張り巡らしたグリッド線を、その下にある陽極パターンと完全に一致させるように作ることの困難さと、それに伴う価格は、表示面の大きさと解像度の良さを増すにつれ、確かに増大してくる。また、表示面が大きくなるにつれヒーター電力も増加し、真空封止のガラスも厚く、また重くなる。したがって、現実的に大きさの限界は対角線で10インチ程度であろう。

マルチプレックス方式の大形ディスプレイで遭遇する低いデューティーファクターでも適当な輝度を得られるが、陽極電圧は約100 Vまで上げなければならない。輝度やクロストークの問題で2重マトリクス構成が必要となる場合は、これらの高電圧陽極駆動回路

の数も2倍になる。全1頁表示用のVFDが他と競争し得る価格で大量に生産し得るようになるかどうか、関心を持って眺めることになるであろう。

2つの革新的な開発がなされつつある。まず、4極管の構造を使い、アドレスのためのグリッド選択レベルをもう1つ得ることにより、必要な駆動回路の数を非常に減少させることができる。Choa Corp.は、この技術を定まった文字ディスプレイに用い、好ましい結果を得たと報告している。

伊勢電子工業は、VFDに能動素子を含む基板によるアドレスに着手している。その研究で、トランジスタ容量からなる駆動回路を約6000個含む $23 \times 23 \text{ mm}^2$ のシリコンチップに 241×246 の非マルチプレックス方式ディスプレイを作り、30 Vで10 fLを得た。さらに、メモリーのために、絵素ごとにさらにMOS-FETを加えれば、輝度は5000 fLまで上げられると予想している。同じ真空表示パッケージ内に数個のチップをいっしょに並べることで、表示面積を増し得るか、または価格低減に要する個々のチップ寸法を縮小することができるようになる。

2.4 平板形 CRT

Siemens社は最近、面電子源としてガスプラズマ放電を利用する平板形CRTの報告を行った。448行 $\times$ 270列のマトリクス配列をしている電極が、電極配列に対応した小孔を電子が通過するのを制御する。通り抜けた電子は、4 kVで加速され、蛍光面を励起する。マトリクス配列の行と列の電極は50 Vの信号電圧にて、特に列は13.5 MHzにて切り換えられる。しかし、プラズマ放電には電圧200 Vを必要としている。普通のCRTと同程度の動作に対しては、6 cm以上の厚さが必要である。自然色表示のものも開発されており、中間調にはパルス幅変調が必要とされる。

Lucitron社は同じ概念によるものを開発しているが、その目的は大面積テレビジョンである。その構造は内部で支持機構を必要とするので解像度がずっと低い。グリッドで変調する一方で、アドレスにはプラズマ放電のセルフシフト動作を用いている。 256×512 のディスプレイに必要な駆動回路は60個だけである。このLucitron社の考えによるものは机上の端末機にも適用できるだろう。

GaborとAikenの平板形CRTと同様のものをPhilips社が開発中である。この方式の鍵は、金属ダイノード (dynode) チャンネル増倍器を使って、電子ビームの偏向と蛍光物質励起の動作を分けたことである。すなわち400 eV程度の低エネルギービームは容易に偏向され、 $1 \mu\text{A}$ 以下のビーム電流は小さなスボ

ットになし得る。そのあと増倍で $300\ \mu\text{A}$ とし、 $8.5\ \text{kV}$ の加速により充分な輝度を得ている。増倍器自体は、特別な構造により 14 組のシャドウマスクを 1 つにまとめたものである。ハロー(halo)、クロストークおよびシャドウマスクのピッチによる不十分な解像度といった形で、コントラストに関する諸問題は早くから懸念されていた事柄である。どのようにして色表示が達成できるかは明らかでない。

これら支持機構のない大きな真空封止をした管すべてにおいて、その大きさには限界があり、その重さは少なくとも $5\ \text{kg}$ にはなるであろう。また、これらは新しすぎるため、生産を開始したり、価格を見積ったりするには、まだ早すぎる段階と考えられる。

3. 液晶ディスプレイ

3.1 マルチプレクス方式振れネマティック

1973 年頃からマルチプレクス方式振れネマティック液晶ディスプレイ (liquid-crystal display, LCD) は着実な発展をたどり、マルチプレクスレベルは 2 年ごとに 2 倍以上に進歩して来ている。それにもかかわらず、多くのディスプレイ専門家達は、シャープとオプトレックスから 128×480 の LCD が最近発表されたことと、カシオが 120×160 LCD テレビを商業用として紹介したことに衝撃を受けている。 $1/64$ のデューティー比でのマルチプレクス方式は不可能であると広く信じられていたからである。その成果は偶然の出来事ではなく、むしろ研究と開発費を大量に投資して来た結果である。

最初の大きな進展は、ファイバーを使ったスペーサーの技術の完成により、前もって設定できる非常に均一な厚さを持った大面積 LCD を大量生産できるようになったことである。この技術により、色彩が不均一にならずに視野を広げることができるように、LCD の光学的厚さ Δnd を縮め得たことである。

ごく最近、本質的に鋭い閾値特性を持つ液晶材料として、弾性係数比 K_{33}/K_{11} について際立った改良がなされた。その研究の過程において、通常のマトリクス配列の使用が、文字記号用ディスプレイに画像ディスプレイ機能を与えるだけでなく、読み易さ、視野の広さを非常に妨げていた文字間の“固定パターン雑音(fixed pattern noise)”を除去することにもなることが認識された。また、顧客の許容水準は幾らか緩和したようにも思える。

さまざまな民生商品に用いられている LCD を通して、LCD を見慣れるようになり、また、 $30\ \text{ポンド}$ もある CRT のついた“携帯用”コンピューターに対す

る不満が、多くの利用者をして LCD の風変わりな表示特性をも容易に受け入れさせるようにしつつある。

LCD は、これからもマルチプレクスのレベルを高める方向で発展し続けるだろうか？ デューティー比を $1/96$ から $1/128$ にした“全 1 頁”の LCD が来年には大量に、 $200\ \text{ドル}$ 程度の値で、市場に出まわるのは確実と思われる。このような製品はまちがいに歓迎されるだろうし、さらに、より高いレベルのマルチプレクス方式を開発しようとする動きも確かに存在する。

ひとつには、走査される列の数 N が 2 倍になれば、駆動部の価格が 36% 安くなるからである。また、現在の 5×7 構成 (format) で 80 字表示のものが 25 行というディスプレイは、実のところ全 1 頁用としては最小のものである。小文字の下の部分の表示には、さらに多くの絵素が要るし、さらに読みやすくするには 7×9 の文字構成が必要だろう。テキストの作成をタイプライターで打たれたもので行うときは、132 字のものが 66 行必要になる。

よりレベルの高いマルチプレクスを必要とするこれらのディスプレイの実現は、振れネマティック LCD における液晶材料の開発に大いに依存している。実効的なセル厚をこれ以上薄くするのは不可能だが、弾性定数比を大きくして行くことは可能だろう。また、LCD の動作電圧が $\sqrt{N}$ で増えるから、 $30\ \text{V}$ で動作する CMOS による駆動集積回路を使い得る新しい世代の到来が要望される。セル中の電界の擾乱を最小にするために $\Delta\epsilon$ のより小さな材料を使うことになり、これが駆動電圧の増加をより大きくすることになる。

高度のマルチプレクス方式の振れネマティック LCD は平板形で、軽く、日光の下でも見やすく、消費電力も価格も低い。しかし、その視野は非常に狭く、コントラストはとても受け入れ難いし、輝度も悪い。しかも、マルチプレクスが高度になるにつれて応答速度は遅くなる。なぜなら駆動電圧のうち閾値電圧を越えた分の大きさが減少するからである。つまり、液晶分子配列を遷移させる力がより小さくなるため、粘性力に逆らったの応答はさらに遅くなるからである。

これら固有の限界のため、液晶の研究者達は振れネマティック方式に満足せず、かつて振れネマティックが動的散乱にとって代わったように、次は振れネマティックにとって代わる他の電気光学効果を探し求めることであろう。最近、その材料とデバイスに進展が見られたけれども、電氣的制御、複屈折効果、2 周波アドレス方式いずれも解決策にはならないようである。

それよりも、自身でメモリー効果を持つ現象を利用する LCD が有望である。すなわち、ディスプレイにおいてリフレッシュする必要がなくなれば、低いデューティ比に伴うマルチプレクス方式の問題はなくなってしまう。

こうした方向でのディスプレイの例が、Thomson CSF 社の熱的地址メカニックス LCD である。このようなディスプレイは非常に大きな情報量を表示できるものと考えられる。しかし消費電力の尖頭値は大きく、また応答は遅い。これ以外で目下いくつかの研究所で強力に開発が進められている双安定現象によるディスプレイには、コレステリックの境界層形と強誘電体を用いる LCD がある。予備研究の段階の結果は、速い応答、低い消費電力でのメモリー効果、さらに見やすい特性を持った LCD が可能であることを示唆している。

3.2 能動基板アドレス

多くの研究所は LCD に問題解決の到来を待つかわりに、VLSI の専門家の手に問題をゆだねた。能動基板上に LCD をつくれば、すべての絵素ごとにダイオードまたはトランジスタを直列に結ぶことができるようになる。こうなれば、スタティック方式で駆動されるため、LCD はマルチプレクス方式ではなくなる。応答速度、コントラストおよび視野は置時計の LCD と同程度にまで良くなる。しかし、LCD の動作におけるこの劇的な改良は、能動基板の作製という大きな問題を背負い込むことになる。

Si IC ウェハ上に LCD をつくろうとする試みは 1971 年にまでさかのぼるが、最近、その努力が目ざましい成果をあげて来ている。東芝は 480×480 絵素のディスプレイを、個々の絵素に対応して MOS トランジスタと電荷積蓄容量の埋め込まれた 100 mm の単結晶 Si ウェハ上に作ることに成功した。

第二精工舎の 240×240 MOS/LCD も注目に値する。その理由は、 x, y 両方のアドレスシフトレジスタを能動基板のチップ上に集積しているからである。この集積化により、外部との接続（ワイヤーボンド）の数を数百から 12 にまで減らすことができた。基板が不透明であるから、このディスプレイは通常の振れネマティック方式でなく、ゲストホスト効果を用いている。ディスプレイの寸法は明らかに入手できる Si ウェハの寸法で制限されることになり、こうしたアプローチの関心は下火になりつつあるようである。

多くの研究所の関心は、不透明基板に代わり透明な基板上のアモルファス薄膜トランジスタ（thin-film

transistor, TFT）に移った。ガラス板上の TFT なら、大きさに制限はなく、また、使用する電気光学効果の選択も自由である。

およそ 240×240 絵素のディスプレイの試作品が、いくつかの異なる半導体材料を用いてつくられた。なかでも、非晶質 Si が現在は最も支持を得ている。移動度が小さいため、TFT の洩れ電流は、個々の絵素における電荷蓄積容量を必要としないほど十分に低いものになっている。しかし、十分なオン電流を得るためには、非常に大きな TFT が必要となる。多結晶粒 Si は小さな TFT で適当な充電電流を得ることができるが、こんどは洩れ電流が問題となる。

諏訪精工舎の二重ゲート方式は特に注目すべき解決策と思われる。もし特に低圧の化学的熱分解堆積（chemical vapor deposition）、熱酸化が、低温工程によって置き換えられ、水晶に代わりガラスが使えるようになればなおさらである。ただ、非晶質 Si TFT も、多結晶 Si TFT も、アドレスシフトレジスタの集積化には適さない。レーザー再結晶化技術は、この点では将来ある希望を持たせるものである。CdSe や Te も高い移動度をもつ TFT 用材料の候補となりうる。

TFT によりアドレスされる LCD は、究極的には高いコントラスト、低い消費電力、適当に速い応答速度を持ち、A4 の寸法における情報量のディスプレイを達成し得る潜在的な可能性を持つ。しかし、この方式で所期の性能を得て商業的に成り立つ製品ができるのは、まちがいに数年前であろう。まず第一に直径 8 インチ以上の“ウェハ”をつくる半導体プロセス技術がない。さらに、能動基板が信頼性と生産性を持つようになるには、かなりの技術革新が必要であろう。

256 K RAM は、まだ VLSI 技術の主流となって商業的に生産可能とはいえない。 512×512 のディスプレイ用能動基板は、同数のビットを持つことになるが、我々はそれを優れた TFT 技術を用いてレコード盤の大きさのチップ上に作ろうとしている。それより小さな試作品が報告されており、現実の進歩をみごとに示すものだといえるが、しかしマルチプレクス方式振れネマティックの 2 倍の価格にまでなるには、少なくとも歩留りが 30% にまで上がらなければならないであろう。

重要な疑問は、低価格のものにとって、散乱している 2、3 の欠陥があっても受け入れられるようになるかどうかである。もし金属—絶縁物—金属（metal insulator-metal, MIM）形のデバイスや、バックツ—

バック (back-to-back) ダイオードのような 2 端子のスイッチ素子が、高い歩留りで、より簡単な工程で作られることが示されれば、TFT にとって代わる魅力的なものとなり得るだろう。

4. む す び

近い将来における高度情報用ディスプレイに対する市場を眺めると、いくつかの予測が浮かび上がる。CRT は最も性能に優れ、また最低の価格を持ち合わせるディスプレイの候補である。CRT だけが、効率良く、高い解像度で自然色表示ができる。

家庭のテレビ用としては、CRT に代わるものは現れそうにないし、コンピューター端末としても中心的存在であり続けるだろう。ただし、携帯用コンピューターの市場は例外である。その理由は“持ち運び可能”というユニットになっているが、CRT が融通のきかない構成で、その重さとか張りりに現在不便を感じているからである。この分野がおそらく平板形ディスプレイの最大の適用し得る所である。

この分野では、全 1 頁のマルチプレクス方式 LCD が独自の位置を占めるものと思われる。すなわち、この LCD だけが携帯用コンピューターをして電灯線プラグを不必要にし得ることになる。しかも、他の平板形ディスプレイの価格のほんの 3 分の 1 ですむことになろうからである (停電のような緊急時においても、一般事務所で見られる複写機からの印刷のような役割さえもできる)。

LCD は、この携帯用機器の市場で優位に立つであろう。CRT, LCD, またはプリンターで賄い切れない分野では、割高の平板形ディスプレイが用いられ、ELD, PDP そして VFD によってシェアが分けられるに違いない。これら発光形ディスプレイにより、マルチプレクス方式 LCD の我慢し得る限界の画面に比べて、ずっと改良されたディスプレイを得る。しかし現在、カラー CRT の値段を越えるという価格上の不利がある。

以上の論評で、価格あるいは性能の著しい改善に導くかもしれない研究、開発について、すべてのディスプレイ技術を引合いに出してきた。どの技術がこのような改善を達成しやすいかを評価するひとつの方法は、研究開発の財源が、どのように割当てられるかを調べることである。もちろん、より多くの財源は、より多くの結果を生む傾向にはあるが、ある意味では財

源の配分は成功の見込みに関してディスプレイ科学者全体の判断を表してもいいと考えられる。

ここ 10 年間にわたり、LCD はすべて他の平板形ディスプレイを合わせたものより多くの開発基金を受けており、その傾向は今もずっと変わっていない。逆に Burroughs 社、ソニーおよび Siemens 社の場合のように、1 社独占の潜在的な革新技術を持ち合わせることは、多くの非技術的要因を生み易くする。

ディスプレイの改良がなされない場合でも、システムソフトウェアと集積回路の進歩により市場は変化するであろう。シリコン VLSI の 1 機能あたりの価格は、1990 年までに 1 桁下がるであろう。このことは、メモリーのみならず、低価格でより良い図形表示のできる、より洗練された CRT 制御部にも非常にはっきり現れてくるであろう。

平板形ディスプレイの駆動回路はピンの総数が多いため、上記のように価格が 1 桁下がることはないだろうが、ガラス上のチップのように、パッケージングや接続における進歩により、それ相応に利益を受けるであろう。平板形発光ディスプレイ用の高電圧駆動回路は、低電圧 LCD 駆動回路より、価格の点で 2、3 倍高いままに残る傾向にあらう。なぜなら、大きなチップ面積、より注意深い表面保護とパッケージング、さらに誘電性分離と浮遊帯精製法によるシリコンを使うことのため、こうしたコストの差になるのであらう。

ほとんどのディスプレイのソフトウェアは CRT 用にかかれると思われる。そしてこのことは、多数の系統的な投資があることを表している。平板形ディスプレイは、CRT のインターフェイスと競うことにより、また、使用者のソフトウェアでは当然のことと思われる多重輝度レベル、なめらかなスクローリング (scrolling)、そして輝度あるいは彩色反転 (reverse video) といった機能を備えることにより、ますます各種の要求に応じて行くであろう。

ディスプレイ技術は常にその多様性が顕著である。たくさん異なる種類のディスプレイは、その各々が最適となるある独自の応用があるので共存することができる。おそらく平板形ディスプレイが直面する課題は、CRT を今の市場から追い払うのでなくて、むしろ平板形ディスプレイ独自の可能性から、新しい応用分野を作り出して行くことであらう。

(昭和 58 年 12 月 19 日受付)