

■9 群-4 編-1 章

1-9 撮像・ディスプレイ

(執筆著者：三村秀典) [2012年1月 受領]

撮像デバイスは可視や不可視画像情報を電気信号に光電変換するデバイスを用い¹⁾、画像データを電光変換して、元の画像を再現して人間が視覚情報として受け取れるようにするデバイスがディスプレイである^{2)~4)}。

一般に光学像を縦横に細かく分割していくと、ついにはその一つひとつの微小面積の中の明るさが一样になる。この微小面積に対応する最小の単位を、撮像分野では画素と呼ばれている。撮像デバイスは、この画素に対応する数の明暗の変化を電気信号に変えて出力する。図 9・1 に撮像デバイスをデバイス技術で分類したものを示す。撮像デバイスには大別すると撮像管と固体撮像デバイスがある。撮像管は光によって電子-正孔対が発生する光電変換薄膜を真空管内に入れたものである。フレーム時間電荷を蓄積した後、画素への分解と電気信号への変換は薄膜面を電子ビームで走査して行う。近年まで、テレビ放送用の撮像管にはセレンを主材料にしたサチコンが用いられてきた。しかし、撮像管は長尺であるため、現在は超高感度撮像管である HARP (High-Gain Avalanche Rushing Amorphous Photoconductor) 撮像管⁵⁾ のみが用いられている。通常の光電変換膜は 1 個の光子は 1 個の電子・正孔対しか生成できないが、HARP 膜では光によって生成した正孔をアバランシェ増倍することで、超高感度を実現している。真空管のため長尺であるという欠点を克服するために、HARP 膜の電荷を読み出す電子ビーム源を従来の 1 つの熱陰極から半導体微細加工技術を用いて製作する電界放出電子源アレイとし、コンパクトな撮像板⁶⁾ とする研究開発が続けられている。

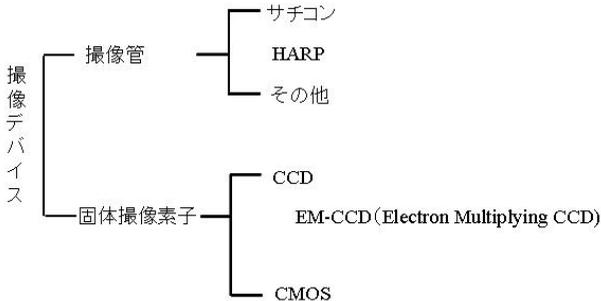


図 9・1 デバイス技術で分類した撮像デバイス

固体撮像デバイスは大きく分けて、CCD (Charge Coupled Device) と CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) がある^{7),8)}。CCD は、光電変換、電荷の蓄積、電荷の転送 (これが CCD 機能である)、電荷の検出の 4 つの基本動作から成り立っている。CCD には、電荷の転送方式により大きく分けて、フレームトランスファ方式 (FT) とインターライントランスファ方式 (IT) がある。蓄積部を持った FT 方式では撮像領域、蓄積領域、及び水平 CCD と電荷検出部によって構成される。撮像領域は、光電変換、電荷の転送の 2 つの動作を兼ねる垂直 CCD のみで構成される。一方、蓄積部を持った IT 方式では、画素が主に、フォトダイオード (PD) と垂直

CCD で構成される。この場合、PD で光電変換を、垂直 CCD で転送というように役割を分担できるので、FT 方式より特性が優れている。CMOS 撮像デバイスは、PD と増幅、選択及びリセットを受け持つ MOS トランジスタで構成される。CCD と CMOS はどちらも一長一短があるが、CDM (Correlated Double Sampling, 相関二重サンプリング法) により CMOS の低ノイズ化が実現でき、そのため構造のシンプルさ低消費電力などにより現在は CMOS が CCD より多く使用されている。超高感度型固体撮像素子として、EMCCD (電子増倍型 CCD) がある⁹⁾。このデバイスでは、光から変換された電子は読出し用のシフトレジスタの後のゲインレジスタで、高圧印加により電子増倍が行われる。その他の超高感度型撮像デバイスとして、真空管と CCD や CMOS を組み合わせ、光電面で変換した電子を加速し、CCD 面に打ち込み電子増倍を行う EBCCD (Electron Bombardment CCD, 電子打込み型 CCD)¹⁰⁾ や EBCMOS¹¹⁾ などがある。

図 9・2 にディスプレイをデバイス技術で分類したものを示す。ディスプレイは数多くのものが開発研究されてきたが、現在実際に使用されているデバイスはほぼ確定されてきた。直視型は、CRT (Cathode Ray Tube, 陰極線管) とフラットパネルディスプレイ (FPD) に二分される。従来 CRT が最も多く使用されてきたが、現在日本では CRT は製造されていない。

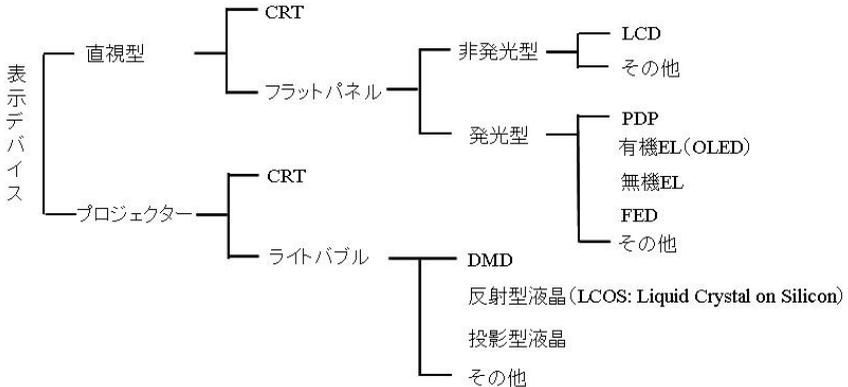


図 9・2 デバイス技術で分類した表示デバイス

FPD は、デバイスが発光する発光型と、自身は発光せず他の光を制御するデバイスに大別される。FPD として、非発光型である液晶ディスプレイ (LCD)、発光型であるプラズマディスプレイ (PDP)、有機 EL ディスプレイ (有機発光ダイオードということで OLED とも呼ばれる)、無機 EL ディスプレイ、フィールドエミッションディスプレイ (FED) などが実用化された。しかし、画面の対角 50 インチ以上の大型ディスプレイも LCD で実現できるようになり、PDP と有機 EL が一部使用されているが、テレビやパソコン端末用途では、LCD の独占状態である。

LCD や有機 EL には、各ドット (ディスプレイの場合は青、緑、赤の 3 つのドットで 1 画素を形成する) に薄膜トランジスタ (TFT) などのアクティブ素子を配置して駆動するアクティブ駆動方式と単純マトリクス駆動であるパッシブ駆動方式があるが、画質の点で優れるアクティブ駆動方式が多く採用されている。液晶の配向型として、数多くのモードが提案されてきた

が、現在垂直配向型 (VA : Vertical Alignment) と水平配向型 (IPS : In-Plane Switching) の2つのモードが主流であり、これには光配向技術を組み合わせている¹²⁾。

プロジェクタでは、2次元空間光変調素子としてデジタルマイクロミラーデバイス (DMD)、反射型液晶、または透過型液晶を用いたものがある。近年これら2次元空間光変調素子と光源として半導体レーザーを用いたレーザーディスプレイの開発が盛んである¹³⁾。更に近年、3次元ディスプレイの開発が盛んである。現在の立体表示には、主に2つの方法がある¹³⁾。一つは、1つの画面に偏光の異なる左目用と右目用の画像の両方を表示し、偏光メガネにより、左目用画像は左目だけに右目用画像は右目だけに見えるようにする。この方法では、フレームレートは60 Hzのままでよいが、ディスプレイの画素数は左目と右目を別々に用意するため、4倍の画素数が必要となる。もう一つは、画素数は同じであるが、フレームレートを120 Hzと倍にして、時系列に左目のみの画像、右目のみの画像と交互に表示することである。

■参考文献

- 1) テレビジョン学会(編)：“テレビジョン画像情報工学ハンドブック,” オーム社, 1990.
- 2) 映像情報メディア学会(編)：“電子情報ディスプレイハンドブック,” 培風館, 2001.
- 3) 内田龍男(監修)：“電子ディスプレイのすべて,” 工業調査会, 2006.
- 4) T. Tanioka, J. Yamazaki, K. Shidara, K. Taketoshi, T. Kawamura, S. Ishioka, and Y. Takasaki : “An avalanche-mode amorphous selenium photoconductor layer for use as a Camera Tube Target,” IEEE Electron Device Letter, vol.ED-8, no.9, pp.392-394, 1987.
- 5) N. Egami, M. Namba, Y. Takiguchi, K. Miyakawa, T. Watabe, S. Okazaki, K. Osada, M. Tanaka, and S. Itoh : “50 × 50 μm pixelmagnetic focus field emitter array image sensor with high-gain avalanche rushing amorphous photoconductor target,” J. Vac. Sci. & Tech. B, vol.23, no.5, pp.2056-2062, 2006.
- 6) 安藤隆男, 菰淵寛仁：“固体撮像素子の基礎,” 日本理工出版会, 1999.
- 7) 米本和也：“CCD/CMOS イメージ・センサの基礎と応用,” CQ 出版社, 2003.
- 8) 安藤幸司：“CCD/CMOS カメラの原理と実践,” オーム社, 2011.
- 9) M. Suyama, A. Kageyama, I. Mizuno, K. Kinoshita, M. Muramatsu, and K. Yamamoto : Proc. SPIE 3173, pp.422, 1997.
- 10) A. Rabner, Y. Shcham-Diamand: IEEE Sensors Journal, 11, pp.1-8, 2011.
- 11) 分元博文：“LCD 技術の開発動向,” IDW' 10 チュートリアル, SID, 2010.
- 12) 応用物理学会・日本光学会/レーザーディスプレイ技術研究グループ：“レーザーディスプレイ,” オプトロニクス社, 2010.
- 13) 河合隆志, 盛川浩志, 太田啓路, 阿部信明：“3D 立体映像表現の基礎,” オーム社, 2010.