

## 最近の技術から

# MOS 型 イメージ センサー

小池 紀雄

(株)日立製作所中央研究所 〒180 国分寺市東恋ヶ窪 1-280

## 1. ま え が き

MOS トランジスタのソース接合を光ダイオードとして利用する MOS 型イメージセンサーの原形は 1967 年 WESCON で発表された<sup>1)</sup>。以来、20 年たらずの間に MOS 型センサーの性能 (解像度、感度、スマアをはじめとする諸特性) は著しく向上してきた。この進歩の原動力を担ってきたのは、1) リソグラフィ用ステップ装置等も含めた半導体 LSI プロセス技術の進展、2) 2 行独立同時読出し方式<sup>2)</sup>、水平移送読出し方式<sup>3)</sup>、npn 構造<sup>4)</sup>をはじめとする信号読出し方式、画素構造上の工夫、3) 雑音の低減、等である。これらの工夫と努力の結果、固体撮像素子の性能は、家庭用ビデオカメラにおいては撮像管を凌駕するレベルまでこぎつけている。ここでは、最近発表されたものなかから魅力のあるデバイス方式、あるいは、構造を備えた MOS 型センサーを選び出し、それらセンサーの動作、特長、性能、等について紹介する。

## 2. 最近の MOS 型イメージセンサー

### 2.1 画素補間型イメージセンサー

補間配置型センサー<sup>5)</sup>の構成および構造を図 1 に示す。このセンサーは同図 (a) に示すように光ダイオード PD を垂直方向の 1 行ごとに水平方向ピッチの半分の寸法だけずらして配置している。インタレース回路によりフィールドごとに 1 行ずれた 2 行 1 組の光ダイオードを同時に選択し、かつ、おのおののダイオードの電荷を独立の信号線を通して読み出すと、水平方向の空間的サンプリング周波数は 2 倍に向上する。したがって、画素数を増やすことなく水平解像度を高めることが可能になる。

光ダイオード用の n 型拡散層は図 1 (b) に示したように p 型ウェルの中に形成されている。この npn 構造により撮像上重要な二つの利点を得ることができる。

1) 縦方向にバイポーラトランジスタが形成され、このトランジスタを介してブルーミングの原因となる過剰電荷を n 型基板側へ掃き出すことができる。2) 長波光長

により基板深部で発生した電荷も基板側に掃き出されるため、カラー撮像に不要な赤外感度を落とすことができる。本基板の上部に色フィルタを積層した 485 (垂直) × 384 (水平) センサーが開発され、従来より 40% 程度高い水平解像度 350 TV 本を得ることができた。

高解像度化に関するもう一つの系統は、走査用スイッチマトリックスを集積化した基板の上に光導電性薄膜を形成する積層型センサーである。二階建構造のため画素密度および開口率 (画素面積に対する受光面積の割合) を高めることができるという利点がある。水素化非晶質 Si を積層した 488 × 780 センサーが試作され、水平解像度 350 TV 本が得られている<sup>6)</sup>。

### 2.2 水平移送方式イメージセンサー

従来の MOS 型センサーの信号線を垂直から水平に変えたもので、TSL センサー (transversal signal line の略) と名付けられている<sup>3)</sup>。本素子の画素は図 2 に示すように水平および垂直のスイッチ  $T_H$ ,  $T_V$  と光ダイオードから構成されており、また、水平信号線には水平帰線期間ごとに信号線をビデオ電圧に近い値  $V_R$  にリセットするトランジスタ  $T_R$  が設けられている。このように信号電荷を水平方向に読み出す方式に改めることにより、次の利点を得ることができる。1) 信号線は水平方向に並んだ光ダイオードの選択周期で走査を受ける。したがって、信号線が光にせ信号 (スマア) を蓄積する時間は従来の読出し方式の約 1/100 に短縮され、スマアの抑圧能力は従来センサーに比べて 40 dB 向上する。

2) 熱雑音 (kTC 雑音) の要因であった垂直信号線がなくなり、雑音は従来レベルの 1/2 に減少する。

上記の方式を採用した 485 × 576 センサーが開発された。本センサーの性能は、スマア抑制率 ~100 dB、最低被写体照度 (カラー) ~10 lx、水平解像度 360 TV 本である。

### 2.3 CPD 型イメージセンサー

電荷蓄積容量 (すなわちダイナミックレンジ) の大きい MOS 型センサーと低雑音を特長とする CCD 型センサーを組み合わせるによりダイナミックレンジおよ

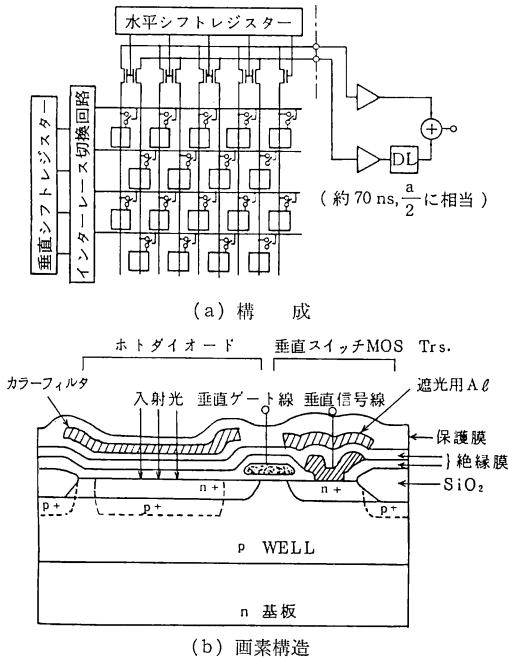


図 1 画素補間型イメージセンサー

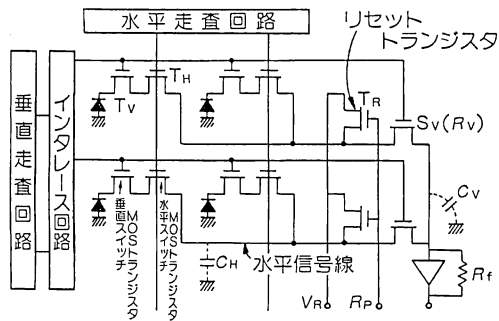


図 2 水平移送方式イメージセンサー

び感度の向上をねらったデバイスが CPD 型センサー (charge priming device の略) である<sup>7)</sup>。垂直走査部は通常の MOS 型センサーと同じように光ダイオードアレーと垂直走査回路により構成されている。一方、水平走査部は熱雑音の発生が少ない CCD シフトレジスタを利用している。本センサーにおいては、信号電荷を垂直信号線から短時間で効率よく CCD レジスタに転送する手段が重要であり、転送効率を高めるのに CCD レジスタから信号線に呼び水電荷を送り出す工夫がなされている。

前述の転送効率を高めるために加速転送回路を設けたセンサー<sup>8)</sup>を図 3 に示す。加速転送回路の利得を  $G$  とすると、本回路の助けにより垂直信号線の容量は  $1/(1+G)$  に圧縮され、転送効率の向上、熱雑音の低減、掃出し駆動によるスマアの抑圧、等を図ることができる。

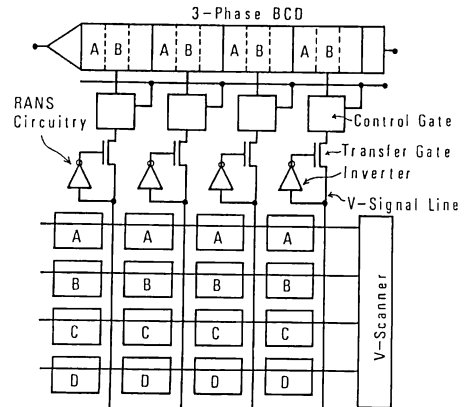


図 3 加速転送型イメージセンサー

### 3. 今後の課題

MOS 型センサーは CCD 型センサーに比べると、1) 開口率およびダイナミックレンジが大きい、2) 低電圧で動作する、3) 信号の読み出し方に自由度がある、4) 製造工程が短く量産性が高い、等の利点を有している。反面、信号線に寄生する容量が大きく熱雑音が大きくなる等の欠点を抱えている。これらの利点が牽引力となり、また、欠点に対しては改良が加えられ、MOS 型センサーは今後も大きく前進していくものと予想される。

最後に、MOS 型センサーの性能向上にとって重要になると予測される課題をまとめてみると、1) 感度向上、スマア抑圧に対するいっそうの工夫、2) 暗電流、白点傷の低減、3) 素子の内部および外部で発生する雑音の低減、4) 高解像度化、すなわち画素密度の向上、5) 走査速度の向上、などとなる。これらの課題を実現していくためには、メモリ等一般 LSI の発展から期待できる半導体プロセス技術の進歩のほかに、撮像デバイスに特有の構成および構造を考察し、具体化していくことが必要になる。

### 文 献

- 1) G. P. Weckler, *et al.*: WESCON Tech. Papers, 13-2 (1967) pp.1-8.
- 2) N. Koike, *et al.*: IEEE Trans. Electron Devices, ED-27 (1980) 1676-1681.
- 3) 竹本一八男, ほか: TV 学技報, ED 891 (1985) 49-54.
- 4) N. Koike, *et al.*: IEEE ISSCC Tech. Dig. (1979) pp. 192-193.
- 5) 高橋健二, ほか: テレビ誌, 37 (1983) 812-818.
- 6) 川尻知廣, ほか: TV 学技報, ED 936 (1986) 1-6.
- 7) 曾根賢朗, ほか: TV 学技報, ED 621 (1982) 1-6.
- 8) H. Ando, *et al.*: IEEE Trans. Electron Devices, ED-32 (1985) 1484-1489.

(1986年8月29日受理)