

MOS形単板カラーカメラ

Solid State Color Camera with Single-Chip MOS Imager

増田美智雄 野田勝 斎藤陽平* 大場信弥** 高橋健二** 藤田努***

Masuda Michio Noda Masaru Saito Yohei Oba Singa Takahashi Kenji Fujita Tsutomu

(株)日立製作所
家電研究所 *東海工場 **中央研究所 ***茂原工場

Hitachi Ltd.
Consumer Products Research Center *Tokai Works **Central Research Laboratory ***Mobara Works

1. まえがき

固体カラーカメラは、固体撮像素子の着実な進歩によりその黎明期を脱し、本格的な家電製品としての地位を確立しようという時期に入ってきている。カメラの中心部となる固体撮像素子もMOS, CCD, さらに複合タイプなどさまざまな方式が提案されているが、その選択には性能だけでなく量産性も考慮に入れなければならない。

今回MOS形単板撮像素子を用いた固体カラーカメラをよとめ、量産化までの検討を行なったことにより性能面、量産面から見ると十分製品化に耐え、満足すべき結果を得る事ができていることを確認した。製品化においては家庭用高級カラーカメラと狙いとし、単管式カメラと比較し、良好な色再現性、色歪み、残像、焼付けがないなど優れた画質を確保すると同時に、感度、解像度においても優れた性能を得ている。またさらに小形、軽量、低消費電力、経時変化に対する安定性など固体カラーカメラが持つ特徴を生かすため、多くの回路機能のモノリシックIC化を行なった。

以下、MOS形単板カラーカメラの概要およびMOS形撮像素子周辺の回路内容の概略について述べる。

2. 撮像方式と撮像素子

カラーカメラにおいて重要な要素となる感度

および解像度の向上をはかるために補色方式の撮像素子を採用した。(1) 図1に撮像素子の平面構造のモジュール図を示す。出力信号はホワイト(透明: w), 黄色(Ye), シアン(Cy), 緑色(G)の4線からなる。インテレスを行ったりと残像をなくすることも考慮して2行同時読出し方式とした。この時wとG, YeとCyは同時に読出するため、 $w + G = Ye + Cy = Y$ (輝度信号)と、常に輝度信号情報を取得することができ水平解像度が向上する。色信号は4線を演算することにより得る。赤信号(R)は $w + Ye - Cy - G$, 青信号(B)は $w - Ye + Cy - G$ である。

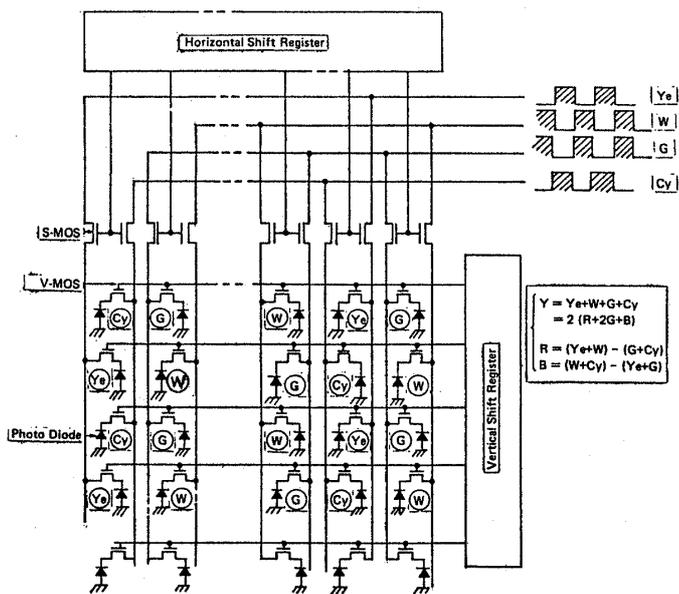


図1 MOS形単板撮像素子

ここで色信号も輝度信号と同様に4線出力信号のベースバンド成分から得ているため、周波数分離の単管撮像管のようにキャリア成分から色信号を得る方式に比べ⁽²⁾、色再現性、色むらについて有利である。さらに4線出力信号の演算においてマトリックス係数の設定により色再現性に自由度を持たせることができ、良好な色再現性を得ることを可能としている。

表1に撮像素子の仕様を示す。量産性を考慮し、チップサイズは $8.5 \times 10.0 \text{ mm}^2$ と小形化をけかり、カラーフィルタはオンエハ方式としている。⁽³⁾⁽⁴⁾

表1 撮像素子の仕様

チップサイズ	$8.5(V) \times 10.0(H) \text{ mm}^2$
1X-ジサイズ	$6.6(V) \times 8.8(H) \text{ mm}^2$ ($\frac{3}{4}$ インチ1X-ジサイズ)
画素数	$485(V) \times 384(H)$
カラーフィルタ	オンエハ方式補色フィルタ
画素面積	$13.5(V) \times 23.0(H) \mu\text{m}^2$
読出し方式	2線同時読出し
出力信号	4信号(W, Yc, Cy, G)
駆動電圧	7V
水平クロック周波数	7.16 MHz

3. カラーカメラの構成

図2にMOSカラーカメラの外観を示す。カラーカメラはレンズ、本体、電子ビューファインダの3つのブロックに分離が可能である。

レンズブロックは感度向上のためF1.4とし、さらに機能向上のため6倍のパワーズーム、オートアイリスを採用した。またCマウントタイプでありマニアルアイリスなどのレンズと交換可能としている。

本体ブロックについては撮像素子の延長を生かした設計をするに重点をかけた。大幅なモリソックICの搭載、面付け部品を用いた基板構成により小形・軽量、低消費電力化を達成した。ICも同様に示すようにフラットパッケージを使用している。



図2 MOSカラーカメラの外観

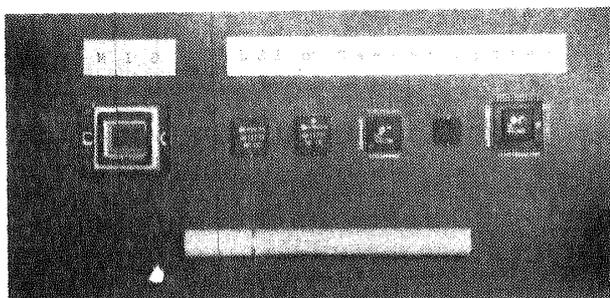


図3 MOSカラーカメラ用モノリシックIC

さらに撮像素子、ICが初期バグッキ、経時変化が小さいことに着目し調整箇所的大幅な削減を行っている。

図4は今回開発したMOSカラーカメラのブロック図である。図中、太線のブロック内はモノリシックICである。ブロックの概略について説明する。撮像素子からの出力信号は4線おのおのリアンプで増幅し、マトリックス回路でY, R, B信号を作る。固定ゲイン増幅をICで抑圧したあと、1チップ化したプロセスIC、エンコーダICによりNTSC出力信号を得る。撮像素子の駆動回路、同期信号発生回路はおのおのC-MOS ICである。垂直スミア低減ICは後述するように垂直スミアの低減を目的としており、やはりC-MOS ICである。

電子ビューファインダは脱着可能としており、表示面にはホワイトバランスの調整用表示を出している。またファインダ内には録画表示、露出不足表示、バッテリー不足警告表示のLEDを内蔵している。ホワイトバランスの調整は1ホリユーム方式で $2500^{\circ}\text{K} \sim 9000^{\circ}\text{K}$ の調整範囲を得ている。

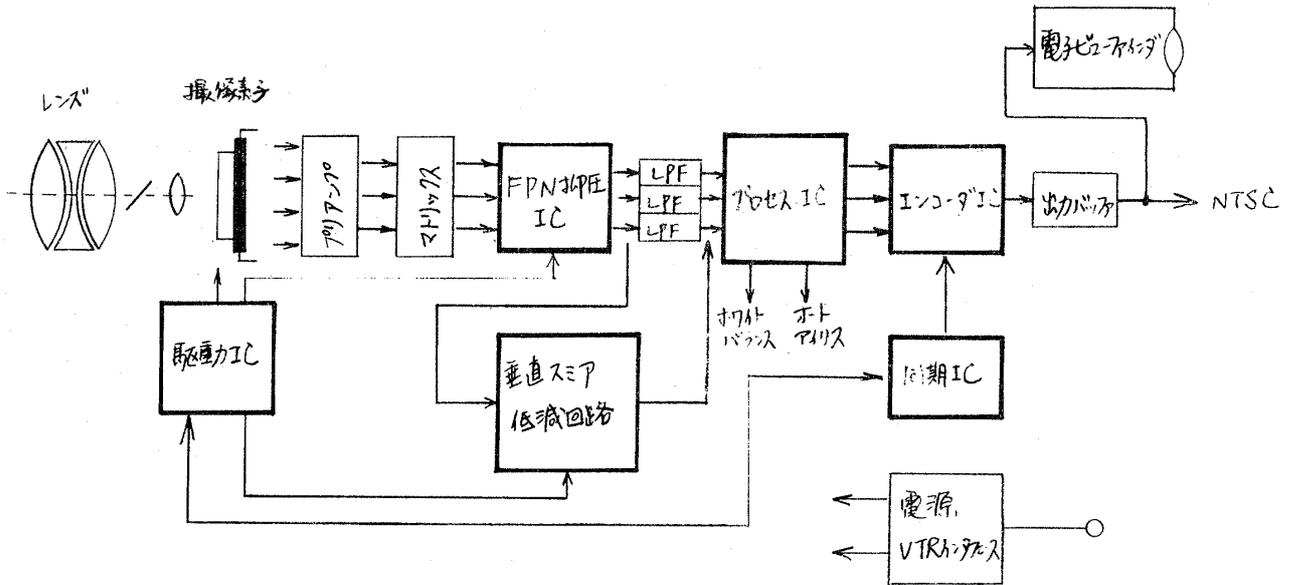


図4 MOSカラーカメラブロック図

4. 撮像素子の周辺回路

撮像素子周辺の回路で特徴あるものについて以下説明する。なお信号処理系については別に報告する⁽⁵⁾。

4.1 駆動・同期回路

撮像素子の水平、垂直シフトレジスタなどを駆動する回路と、プロセス、エンコーダ用にパルスを生じさせる同期信号発生回路は本来かなり類似した機能を持つているためIC化にあたっては全体を1チップ化することも可能である。しかしカメラセット内の機能ブロックとして考えられた場合、両者の関連は乏しく、基板配置、布

線の点および同期信号発生回路から出るカウンタダウンノイズの撮像素子への影響を避けるためにも、別々のICとして開発するのが合理的である。さて撮像素子の駆動回路は7.2MHzの周期の水平駆動パルス、15.734kHzの垂直駆動パルス、固定パターン雑音(FPN)抑圧用の積分パルス⁽⁵⁾を生じさせるが、IC化する場合検討を要するのは水平シフトレジスタの駆動パルス(Hφ1, Hφ2)および積分パルスである。前者は高速でしかもパルス幅、パルス立上り、立下りの精度、安定度を要求される。図5に駆動ICのうちの水平シフトレジスタ駆動パルスと積分パルスの発生について示す。14MHzの共振回路を内蔵し、カウンタダウンにより2相の7.2MHzを作ったあとパルス幅を外部回路で調整し、水平駆動パルスの出力回路に加える。C・MOS出力回路の駆動能力はゲート長によって定まるため適当な値に整心とができる。この時、積分パルスはHφ1に対して一定の位相関係を保つことを必要とするため、Hφ1, Hφ2をIC内部で遅延させて位相を揃えている。このように各出力波形の性能をほとんどIC内部で定めることにより安定した駆動パルスを得ることが可能となる。ICは駆動能力、温度・電源電圧安定度、

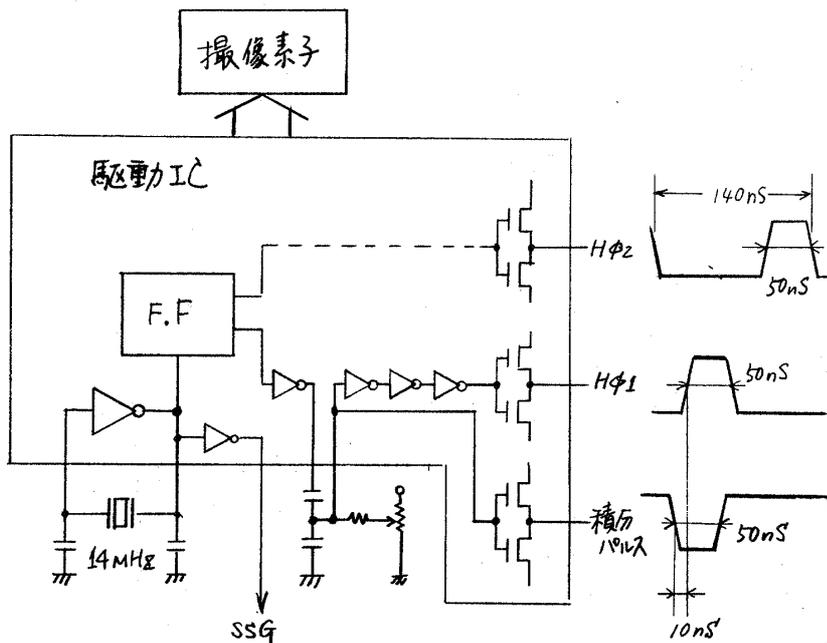


図5 水平駆動パルス、積分パルスの発生

消費電力などの観点から C-MOS ICとした。

4.2 ハイライトグリーン抑圧。

ハイライトグリーンとは撮像素子の飽和光量以上の光が照射される際、演算で得ている R, B信号が減少する条件が生じ、その部分が緑色に存在する現象を言う。この現象は撮像素子、撮像素子間を可補色方式のカラーフィルタを用いることによりおこる。図6の上図は4線出力信号に対するビデオバイアス電圧 V_w, V_{Ye}, V_{Cy}, V_G を同一値にした時の光電変換特性である。各カラーフィルタの透過率が異なるため光電変換特性に差が生じ、 w が最初に飽和し、 Ye, Cy, G の順に飽和していく。 Cy, G が最後までで微分感度もあるため演算後の信号はグリーンは緑色となる。そこで MOS 形撮像素子はビデオバイアス電圧に依存して飽和信号電流が異なってくる。そこでこの性質に着目する。図6の下図に示すように、4線独立にビデオバイアス電圧をかけることを利用し、4線出力信号の飽和点が同一の飽和光量にそろえるように各線のビデオバイアス電圧を設定する。この結果、白色光線に照射した時、4線出力信号がほぼ同時に飽和しハイライトグリーン現象を抑制することが可能となる。この抑圧方式は4線出力形式とする MOS 形撮像素子特有のものである。

4.3 垂直スミア低減。

垂直スミアと撮像素子の垂直信号線に直接電圧が加わり、発生する信号の総和で光が垂直信号

線に照射されておこる現象が代表的なものである。垂直スミアはいわゆるブル-ミングとは異なり照射光量に比例した量が発生する。ブル-ミングは受光素子に照射した光が過大であった場合、垂直ゲートがオフの時にも垂直信号線に電荷がもれ出してしまふ現象であり飽和光量後にしかおこらない。さて MOS 形撮像素子においては垂直信号線が受光素子部と明確に分離されており、垂直信号線に遮光するのは構造上比較的容易である。現状の MOS 形撮像素子では垂直方向に 10% のデューティを持つ光を照射した時の垂直スミアの S/N は 50 dB を越えており、標準光量に比べての影響は小さい。しかし MOS カラーカメラは最初に述べたように高画質をねらっているため、若干残った垂直スミアも比較的簡単な回路で低減可能なことを考えた。

まず、垂直スミアの発生について検討する。垂直スミアは垂直ゲートを通していているため、照射箇所にかかわらず垂直方向の光の照射光量の総和に比例した量の縦線と成り現われる。図7に補色4線方式の MOS 形撮像素子における垂直スミア発生モデルを示す。垂直方向に w と G 、 Ye と Cy の絵素があるが、カラーフィルタが両側の垂直信号線にかさる。そこでたとえ w の垂直信号線に光が照射されると w と G のスペクトラムを持つ垂直スミア成分が生じる。このように想定すると4線各出力信号 w, Ye, Cy, G は次のようにあらわされる。

$$\begin{aligned} w &= w + \Delta w + \Delta G \\ Ye &= Ye + \Delta Ye + \Delta Cy \\ Cy &= Cy + \Delta Cy + \Delta Ye \\ G &= G + \Delta G + \Delta w \end{aligned}$$

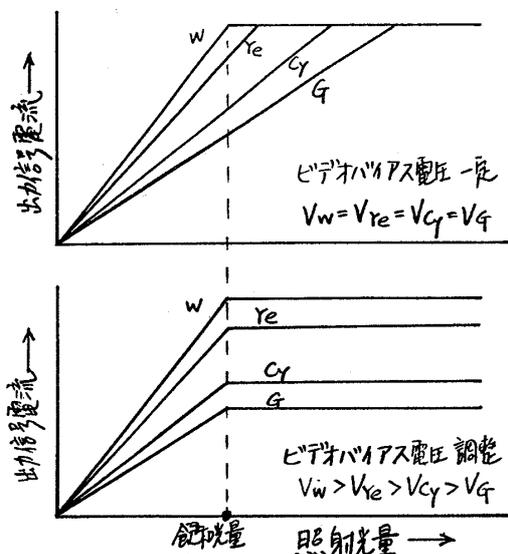


図6 光電変換特性

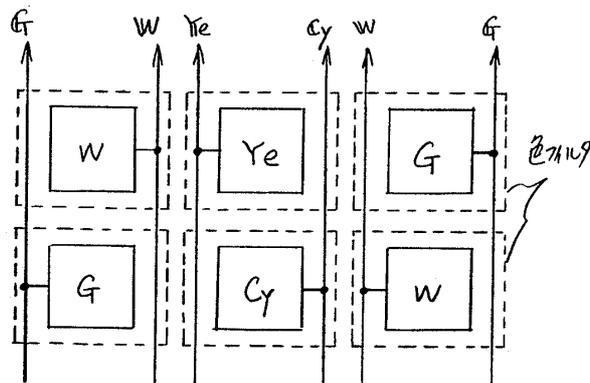


図7 垂直スミア発生モデル

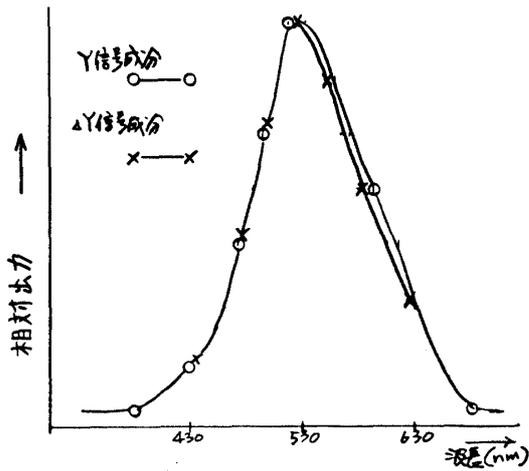


図8 垂直スミアの分光特性

ただし、 W, Y_e, C_y, G は正規な出力信号、 $\Delta W, \Delta Y_e, \Delta C_y, \Delta G$ は各絵素のスペクトラムを平均した垂直スミア成分である。この信号を演算して輝度信号 Y 、と色信号 R, B を作るとマトリックス係数を ± 1 とした場合次のようになる。

$$\begin{aligned}
 Y &= W + Y_e + C_y + G \\
 &= W + Y + C_y + G + 2(\Delta W + \Delta Y_e + \Delta C_y + \Delta G) \\
 &= 2Y + 4\Delta Y \\
 R &= W + Y_e - C_y - G \\
 &= W + Y_e - C_y - G = 2R \\
 B &= W - Y_e + C_y - G \\
 &= W - Y_e + C_y - G = 2B
 \end{aligned}$$

ただし、 Y, R, B は正規な信号、 ΔY は Y と同じスペクトラムを平均した垂直スミア成分である。このように垂直スミア成分は輝度信号 Y に生じ、 R, B 信号には生じない。上記ではマトリックス係数を ± 1 としたが、係数が 1 から若干はずれても結果はほぼ同じである。以上の結果

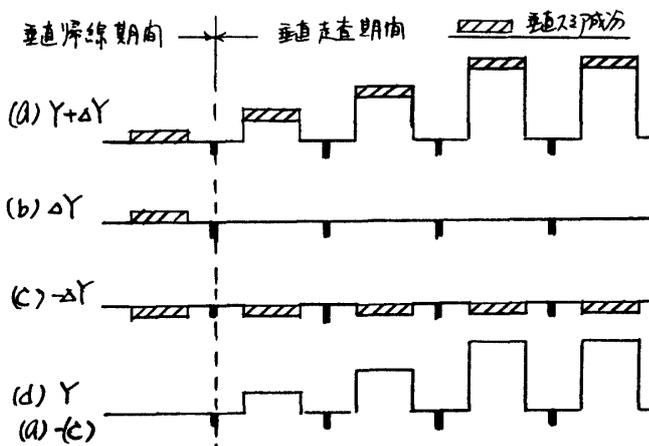


図9 垂直スミア低減 信号処理



図10 垂直スミア低減前



図11 垂直スミア低減後

は実験的にも確認でき、図8に示すように垂直スミアのスペクトラムは正規な輝度信号とほぼ等しく、しかも R, B 信号には生じない。

そこでこの垂直スミア成分を低減するにはまず検出する必要がある。垂直スミア成分は垂直走査期間に限らず、垂直帰線期間に相当する時間にも等量が生じ、しかもこの期間には光の照射による正規な信号は読出されないので容易に検出可能である。図9に垂直スミア低減の過程を示す。(a)は垂直スミアを含む輝度信号で斜線部を垂直スミア成分と可なり。このうち垂直帰線期間の成分を(b)のようにメモリにたくわえ、(c)で各水平同期ごとに読出す。この(c)の信号を(a)の信号から差し引くことにより垂直スミアを低減した(d)の信号を得ることができ、図10は低減前、図11は低減後の写真である。このように、MOS形撮像素子における垂直スミアは発生量を小さくおこなわれると同時に、回路による低減の方法も比較的容易である。

5. カラーカメラの性能

表2にMOSカラーカメラの性能と仕様を示す。(6)当初の狙いである高画質でしかも小形、軽量、低消費電力についてほぼ満足すべき値を得ている。また高画質化については補色方式の撮像素子の採用とF1.4レンズの使用により500Lxでランダム雑音46dBと、管式カメラと同等の性能を得た。固定パターン雑音は抑圧用のICを削除することにより量的にも52dB以上のS/Nを得ることができ、画質の制限要因とはならないレベルにある。色再現性についても信号処理方式の見直し等により管式カメラよりも比色色のよい性能を得ている。(5)また水平解像度は260本以上と、総合的に見て家庭用カラーカメラとしては高い水準にあると考える。また、外形寸法は電子ビューフアイナの採用と、Cマウントレンズの装着により若干大きくなっているが管式カメラと比べ小さい値である。消費電力は電子ビューフアイナを除いて3.8Wと、現状のカラーカメラの中では最も小さい部類に属する。またスタンバイ機能をもち、管式カメラのように撮像管のアリヒートが不要であるため0.2Wと非常に小さい値であり、MOS形撮像素子を採用した利点を生かして

表2 カラーカメラの性能と仕様

標準照度	500 Lx (F1.4)
ランダム雑音	46dB 以上
固定パターン雑音	52dB 以上
最低被写体照度	100 Lx 以下
水平解像度	260 TV本 以上
垂直解像度	350 TV本 以上
撮像素子	単板MOSイメージセンサ
レンズ	F1.4 6倍ズーム
ファインダ	電子ビューフアイナ
外形寸法	58(W) x 100(H) x 155(D)
重量	1.7kg (電子ビューフアイナ含む)
消費電力 (+12V)	3.8W (電子ビューフアイナ除く)
スタンバイ電力 (+12V)	0.2W

ている。

撮像管に比べ撮像素子の大きき利点である初期バラッキ、経時変化、欠陥存在が少なく、寿命が長いことなどは直接画質の向上につながるだけでなく、調整箇所の大増を削減、サービス性の向上、など量産化におけるメリットが大きい。大幅なコスト化とあいまって、製品バラッキの少ない質の高い製品を提供することが可能になると考えられる。

6. まとめ

補色方式のMOS形撮像素子を用いたカラーカメラの製品化検討を行っている、当初の目標である家庭用高級カラーカメラとして、画質、形状、重量、消費電力を十分満足すべきものをまとめることができた。

最後に本研究を進めるにあたり御協力いただいた当社中央研究所、家電研究所、東海工場、茂原工場、武蔵工場、高崎工場の方々に感謝いたします。

参考文献

- (1) 梅本ほか：単一撮像板カラーテレビカメラ、TV学会誌 1979, 33巻, 7号
- (2) 長原ほか：小形MOS形単板カラーカメラ、TV学会誌 1980, 34巻, 12号
- (3) M. Aoki et. al. : '80 ISSCC
Dig. of Tech. Paper P26
- (4) 青木ほか：3/1インチ単板カラーカメラ用MOS形固体撮像素子
TV学会会大予2-6 (1980)
- (5) 野田ほか：MOS形単板カラーカメラの信号処理回路
TV学会研究 TEBS 69-2 (1981)
- (6) H. Nabeyama et. al. : '80 IEEE CE CFC

(株)日立製作所 家電研究所
〒244 横浜市戸塚区吉田町292 045-881-1241
東海工場 0292-73-1111 中央研究所 0423-23-1111
茂原工場 04752-3-1111