

CMOSイメージセンサ Dynastron™ とカメラモジュール

Dynastron™ CMOS Image Sensor and Camera Module Technologies

江川 佳孝 飯塚 智明

■ EGAWA Yoshitaka ■ IIZUKA Tomoaki

携帯電話の世界市場が2007年に年間11億台を超えるなかで、カメラは搭載率が60%を超えて標準装備の機能となりつつある。需要増加とあいまって、小型化や低コスト化はもちろん、搭載する技術もますます多様化と高性能化が求められている。

東芝はこれらの要求に応えるため、信号処理回路を内蔵したシステムオンチップ技術を中心とした様々なCMOS（相補型金属酸化膜半導体）イメージセンサ Dynastron™ を開発し提供してきた。特に、ワイドダイナミックレンジ（WDR）技術や、WhiteRGB（透明、赤、緑、青）カラーフィルタ技術、リフロー実装可能なCSCM（Chip Scale Camera Module）技術など、独自のイメージセンサ技術の開発により、カメラモジュールの差異化を図ってきた。

The annual global market for cellular phones exceeded 1.1 billion sets in 2007, and the picture-taking function is now becoming the norm with the cellular phone camera mounting rate having now surpassed 60%. This has given rise to an increasing need for diversification and enhanced performance of camera technologies together with demand for small and low-cost camera phones.

To meet these requirements, Toshiba has been developing and commercializing various complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) image sensors Dynastron™ utilizing a system on chip equipped with signal processing circuits. Differentiation of camera modules has been achieved by our development of original image-sensor technologies, such as wide dynamic range (WDR) technology, white red-green-blue (RGB) color filter technology, and chip-scale camera module (CSCM) technology in which reflow mounting is possible.

1 まえがき

カメラフォン向けCMOSイメージセンサ（以下、イメージセンサと略記）は、2007年には携帯電話（世界市場：約11.4億台/年）への搭載率が60%に到達した巨大市場を持ち、2010年には搭載率が70%を超えると言われている。センサの市場としてはかつてないほどの成長を遂げ、カメラの小型化、多画素化、高機能化、及び高性能化など多様な展開を遂げている。

多画素化では、3～5M画素の比率が増加傾向にあり、高機能化では、オートフォーカス及び光学ズーム機能が普及し、デジタルフォーカスによる簡易的フォーカス技術なども盛んに提案されている。一方、携帯電話薄型化のニーズにより、画素の微細化技術とカメラモジュールの小型化技術の開発はいつそう活発化し、リフロー実装可能なパッケージ技術やウエーハレベルで組み立てる光学レンズ技術も開発されている⁽¹⁾。また、画素の微細化に伴う性能劣化を補う技術として、ワイドダイナミックレンジ（WDR）やWhiteRGB（透明、赤、緑、青）カラーフィルタ技術が盛んに提案されている^{(2), (3)}。

ここでは、カメラフォンの市場動向、多画素化と画素の微細化、パッケージ技術、及び高性能化に対する東芝の取組みについて述べる。

2 カメラフォンの市場動向

カメラフォンの世界市場動向を図1に示す。

2008～2010年の携帯電話市場の平均伸長率は年10%以上が見込まれており、静止画用途のメインカメラに加え、テレビジョン用途のサブカメラ搭載機種も堅調に推移している。また、高性能のメインカメラと低コストのサブカメラという差異化はいつそう進むものと思われる。

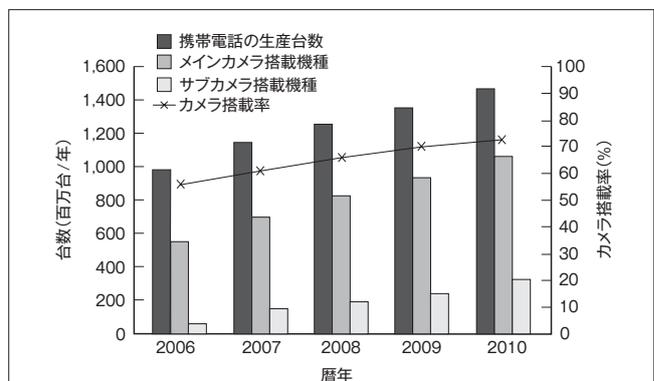


図1. カメラフォンの世界市場動向 — 市場伸長率は年平均10%を超える。メインカメラは静止画用途、サブカメラはテレビジョン用途として需要がある。
Trends in global camera phone market

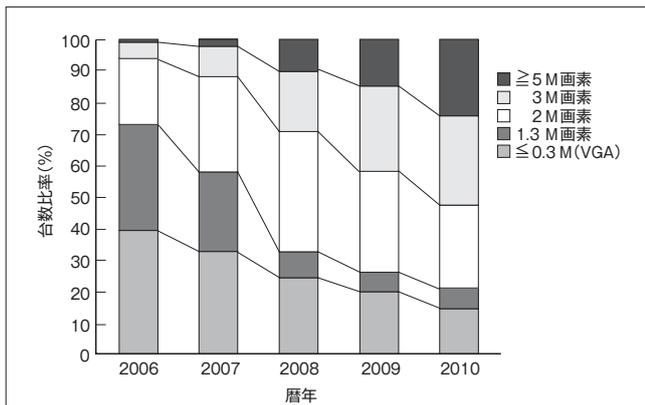


図2. メインカメラの画素数別台数比率 — 多画素機種（高解像度機種）の比率が年々高まっている。

Trends in pixels of camera phones

多画素機種の需要は、図2に示すように、3 M画素以上の比率が顕著に高まると予測されている。また、BRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）を中心とした新興地域では、VGA（640×480画素）も引き続き高比率で推移すると思われる。

3 多画素化と画素の微細化

カメラフォン向けイメージセンサの画素数は、0.3 M (VGA) → 1.3 M → 2 M → 3 M → 5 Mと多画素化が進展しており、今後も更なる多画素化が見込まれている。

一方、光学レンズのフォーマットサイズは、図3に示すように、画素数と画素サイズで決まるが、多画素化されるにもかかわらず同一の光学レンズが採用されるため、画素サイズの低減が必要となる。したがって、多画素化に並行して画素の微細化も進んでいる。各社の画素サイズのトレンドを図4に示す。画素サイズは、3年間で半減（面積は1/4）した。

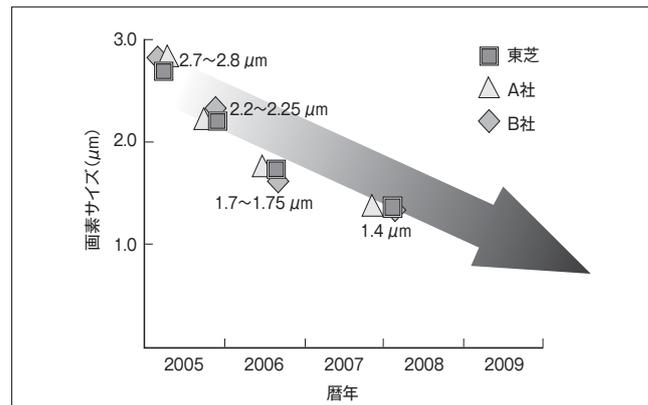
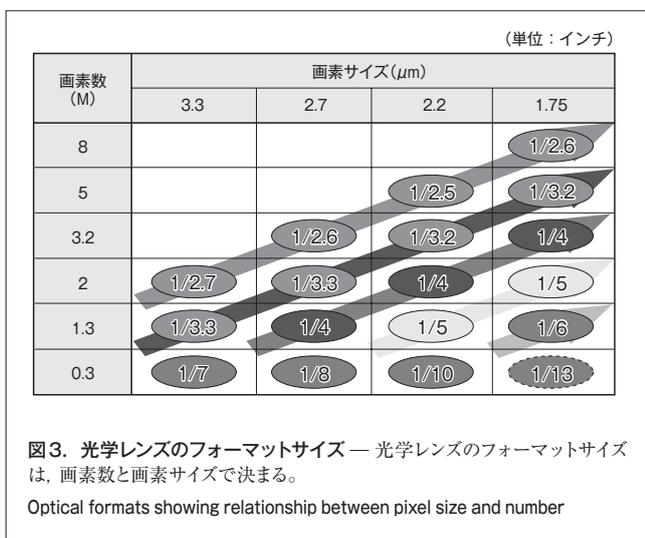
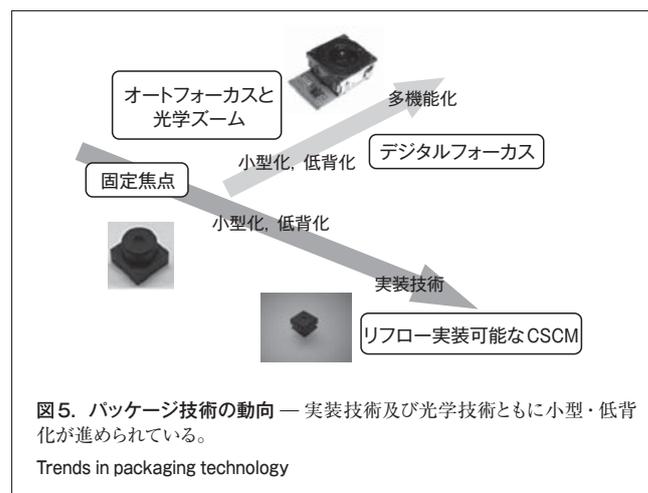


図4. 画素サイズ縮小の動向 — CMOSイメージセンサにおいては、各社が厳しい画素サイズの低減競争を展開している。

Trends in pixel size reduction

4 パッケージ技術

カメラモジュールのパッケージ技術の動向を図5に示し、ポイントとなる技術について以下に述べる。

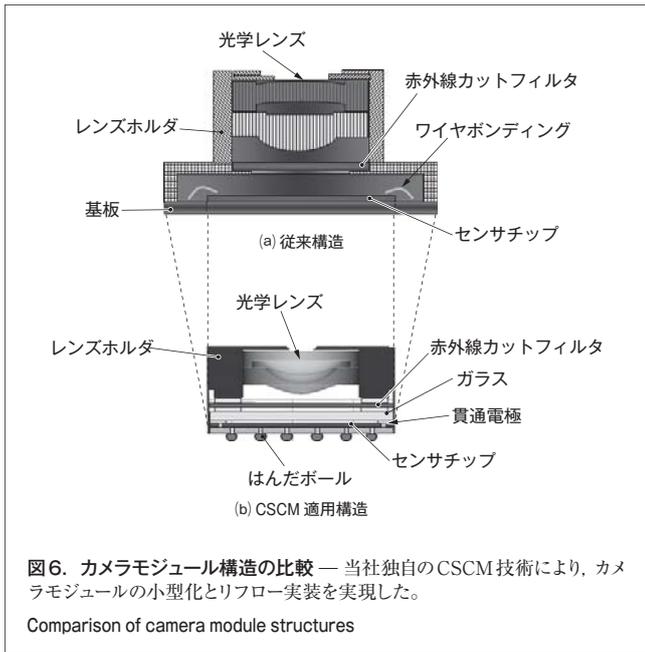


4.1 小型化

携帯電話の薄型化の動向から、カメラモジュール低背化の要求が強い。低背化のポイントは光路長の短縮であり、高屈折率材料の開発や、レンズの設計・製造技術の向上などが望まれる。レンズの低背化に伴い、レンズの主光線入射角度も厳しくなっており、センサ側ではマイクロレンズスケーリング技術による対角端での入射角補正対応、マイクロレンズからフォトダイオードまでの層間膜の薄膜化による対角端シェーディング特性改善技術を導入している。

4.2 リフロー実装

低画素数のカメラフォンを中心に、リフロー実装可能なカメラモジュールの増加も今後加速されると思われる。当社は、



独自のパッケージ技術であるCSCM (Chip Scale Camera Module) 技術を適用することで、カメラモジュールの小型化とリフロー実装の両立を実現した。従来構造のカメラモジュールとの比較を図6に示す。

ウェーハを貫通電極付きのチップ構造とし、裏面にはんだボールを形成することで、従来のワイヤボンディングスペースを削減した。また、耐熱レンズの採用や裏面へのはんだボールの形成により、モバイル機器メーカーにおけるカメラモジュール

の実装工程を短縮するリフロー実装を実現した。

リフロー実装を実現するためには、耐熱レンズの低コスト化も今後要求される技術課題の一つである。この構造により、今後、ウェーハレベルでパッケージングする光学レンズ形成技術の開発が加速されるものとおおいに期待される。

4.3 光学技術

高機能化では、オートフォーカスと光学ズームで使われるアクチュエータ技術に対し、新材料と新構造による小型・低背化技術が盛んに提案されている。

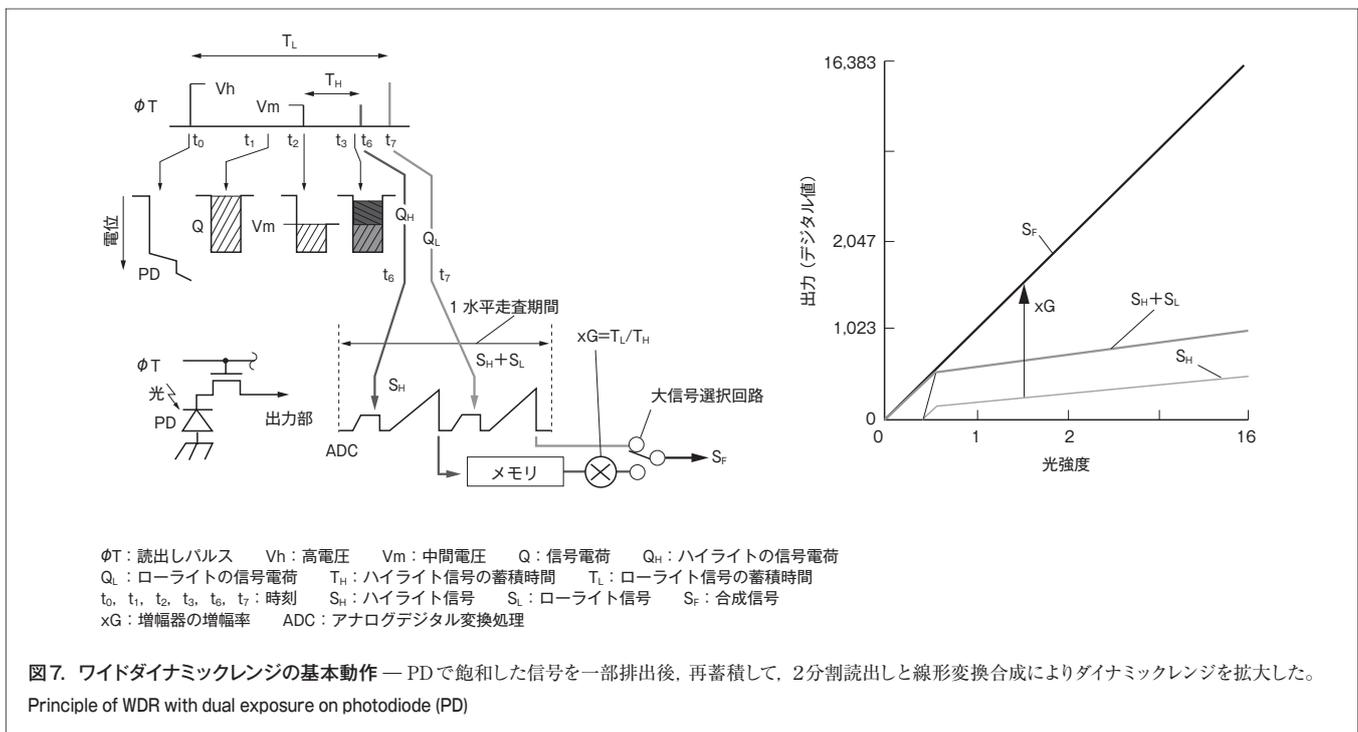
また、オートフォーカスの代替技術として、レンズと信号処理を組み合わせる実効的に被写界深度を深くする、デジタルフォーカス技術も注目を浴びている。

5 高性能化

画素サイズは現在、10年前の当社製品に比べて、面積で約1/10になっている。このため入射光量が大幅に減少し、それに伴って信号電子数も大幅に減少している。その結果、ノイズの主要因は、光の揺らぎで発生するショットノイズが支配的になっている。そこで、飽和電子数を増加させるためのWDR技術と、感度向上のためのWhite RGBカラーフィルタ技術を開発した。更に、新しいカラーフィルタを使ったデジタルフォーカス技術も開発した。

5.1 WDR技術

当社は、フォトダイオード (PD) で蓄積した信号電荷に、図7に示すように中間電圧 V_m を印加して、飽和したPDの信号を一部

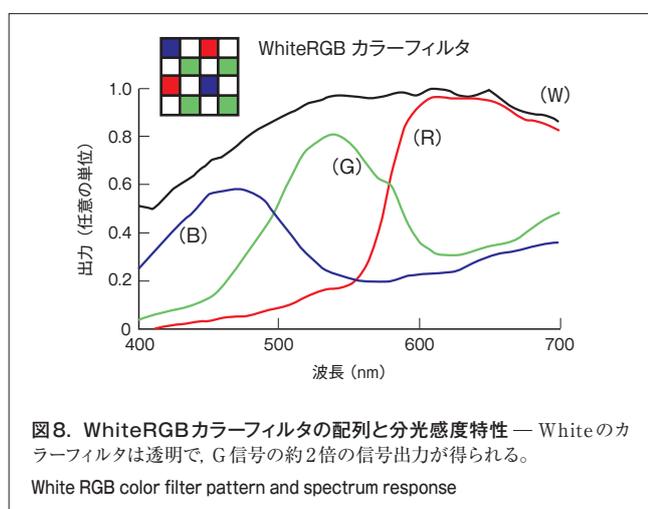


排出し、再蓄積することでダイナミックレンジを拡大するWDR技術を開発した。PDの蓄積容量は画素ごとにばらつくため、固定パターンノイズが発生する。そこで、蓄積した信号電荷を2分割して別々に読み出し、簡単な線形変換合成処理により固定パターンノイズを抑圧することに成功した。

この技術は、画素部に追加素子や外部のフレームメモリが不要なため、微細画素に適用でき、小型のカメラモジュールが実現できる。

5.2 WhiteRGBカラーフィルタ技術

感度改善のために、W(透明)画素を加えたWhiteRGBカラーフィルタによる新たな信号処理を開発した。4×4画素のWhiteRGBカラーフィルタ配列と分光感度特性を図8に示す。



この技術の特長は、高感度のW画素によりG画素の信号に比べ約2倍の信号出力が得られることと、そのW信号からノイズを増加せずに新たな色信号、 R_w 、 G_w 、 B_w を生成できることである。信号処理方法を以下に示す。

$$R_w = W \times R_{ave} / (R_{ave} + G_{ave} + B_{ave})$$

$$G_w = W \times G_{ave} / (R_{ave} + G_{ave} + B_{ave})$$

$$B_w = W \times B_{ave} / (R_{ave} + G_{ave} + B_{ave})$$

ここで R_w 、 G_w 、 B_w は、W画素が画素配列が7×7若しくは5×5、3×3の画素中心に位置にするとときに新たに生成した色信号を表す。また、 R_{ave} 、 G_{ave} 、 B_{ave} は、画素配列が7×7若しくは5×5、3×3画素で、R、G、Bそれぞれの色信号の平均値を表し、被写体の解像度に応じて画素配列のサイズを選択する。

被写体の平らな領域では、新たな G_w 信号のSNR(信号対ノイズ比)は約3 dB改善される。更に、W信号から新たに R_w 、 G_w 、 B_w 信号を生成することでランダムノイズがR、G、B信号間で相関を持ち、その結果、色ノイズが低減できる。

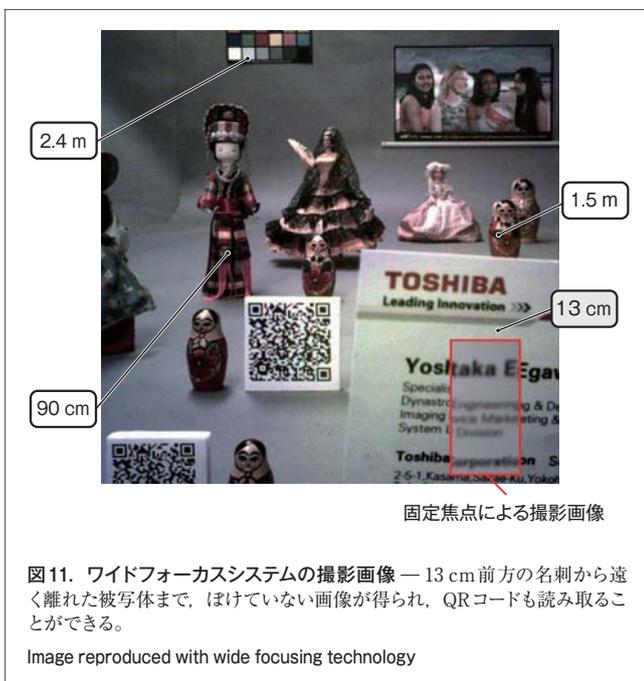
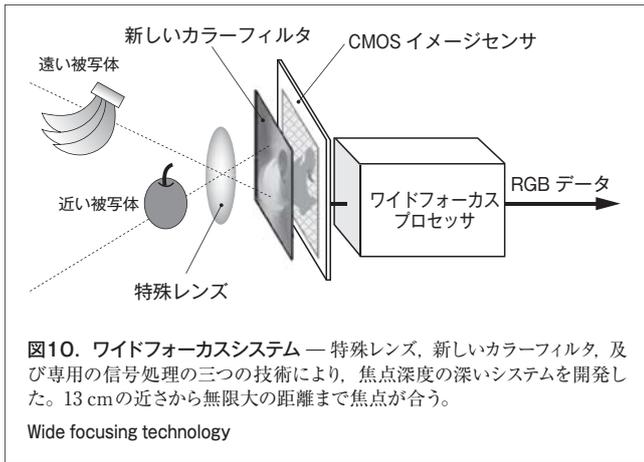
従来の2×2のRGBカラーフィルタを用い、WDR技術を適



用しないで撮影した画像を図9(a)に、WhiteRGBカラーフィルタとWDR技術を適用して撮影した画像を図9(b)に示す。G信号のSNRは、蓄積時間 T_L を2倍に増加することでショットノイズを3 dB改善し、W画素の効果と合わせて約6 dB改善できた。ダイナミックレンジは4倍に拡大している。

5.3 デジタルフォーカス技術

一般に3 M画素以上では、精細な解像度が要求されるためオートフォーカスが使われる。しかし、カメラモジュールが大きくなるため薄型の携帯電話での採用は難しい。そこで、図10



に示すように, 特殊レンズ, 新しいカラーフィルタ, 及び専用の信号処理を開発することで, 焦点深度の深いワイドフォーカスシステムを開発した。

このシステムを適用した撮像例を図11に示す。カメラから13 cm前方の名刺から遠く離れた被写体まで, ほけていない画像が得られている。また, このシステムは, オートフォーカスを使わないためシャッターチャンスに強く, QRコード^(注1)も読み取ることができる。

6 あとがき

今後も拡大を続けるカメラフォン市場では, 需要の多様化から, 小型化, 多画素化, 高機能化, 及び高性能化のアプローチが展開されていくと思われる。当社は, 長年にわたるイメージセンサ技術をベースに差異化を進め, ユーザーニーズに適応した商品展開を推進していく。

文献

- (1) 中條博則. 物造りの原点 カメラモジュール事業考察. 東京, (株) 電子ジャーナル, 2007, 250p.
- (2) 江川佳孝. ほか. 2重露光動作を用いたワイドダイナミックレンジCMOSイメージセンサ. 映像学技報. 31, 21, 2007, p.25-28.
- (3) Egawa, Y., et al. A White-RGB CFA-Patterned CMOS Image Sensor with Wide Dynamic Rang. ISSCC Dig. Tech. Papers, 2008, p52-53.



江川 佳孝 EGAWA Yoshitaka

セミコンダクター社 システムLSI事業部 イメージセンサ技術部 主務。イメージセンサの研究・開発業務に従事。映像情報メディア学会会員。
System LSI div.



飯塚 智明 IIZUKA Tomoaki

セミコンダクター社 システムLSI事業部 イメージセンサ技術部 参事。イメージセンサ商品の企画・評価業務に従事。
System LSI div.

(注1) 白と黒の格子状のパターンで情報を表すマトリックス型2次元コードの一種。QRコードは, (株)デンソーウェーブの登録商標。