

超小型マイクロカメラモジュール

CMOS Color Sensor Module for Micro Cameras

あらまし

近年，CMOSカラーイメージセンサは，小型デジタルカメラやノートパソコン用カメラ・携帯情報端末などに幅広く搭載されてきており，撮影した画像データをインターネット経由で送信できるなど携帯機器用途が飛躍的に拡大している。このような状況の中で，さらに小型・低消費電力CMOSカラーイメージセンサへのニーズが高まってきている。

本稿では，携帯電話のデザイン設計の自由度の高い，超小型，低消費電力特性に加えて高画質，多機能CMOSカラーイメージセンサモジュール（MB86S02）を開発したので紹介する。

Abstract

CMOS color image sensors are increasingly being used in small digital cameras, cameras for notebook PCs, and personal digital assistants (PDAs), allowing captured images to be sent over the Internet and displayed on cellular phones. As the applications become more diverse, there is a growing demand for smaller, lower power-consumption CMOS color image sensors, to provide greater flexibility of design of cellular phones. This paper introduces the high-resolution, multifunctional CMOS color image sensor module (MB86S02) for micro cameras.



山本克義（やまもと かつよし）
第二システムLSI事業部第一設計部
所属
現在，CMOSイメージセンサの開
発に従事。



大工 博（だいく ひろし）
第二システムLSI事業部第一設計部
所属
現在，CMOSイメージセンサの開
発に従事。



水口寿孝（みずぐち としたか）
第二システムLSI事業部第一設計部
所属
現在，CMOSイメージセンサの開
発に従事。

ま え が き

ブロードバンドインターネット時代を迎え、第3世代の携帯電話で動画像通信サービスが開始されるなど、ますます高機能化が進む中、携帯電話用モバイルカメラとして小型、低消費電力特性が求められている。この状況の中、CCDカメラに変わって小型、低消費電力化に優れているCMOSイメージセンサへの需要が高まってきている。

今回開発した多機能CMOSカラーイメージセンサモジュール（MB86S02）は、超小型化を行い、薄型や折り畳み型の携帯電話への搭載や、自由にカメラの向きを回転できる設計を実現できるなど、携帯電話のデザイン設計の自由度を大幅に高めることを目標に開発した。また、消費電力としても世界最少レベルの低消費電力化を実現した。

製 品 概 要

MB86S02は、従来2チップ構成だったイメージセン

サICとカラープロセッサICを1チップ化し、富士通独自のアセンブリ技術〔BCC（Bump Chip Carrier）方式〕を用いることにより世界最小・最軽量のカメラモジュールを実現した。また、アナログ回路の最適化による低消費電力化と、低ノイズ回路による高画質化を実現し、CIF対応のCMOSセンサとしては世界最少の消費電力（30 mW、15フレーム/秒時）を実現した。

MB86S02のブロック構成およびモジュール写真を図-1、図-2に示す。また、主な仕様を以下に示す。

- ・光学サイズ：1/7インチ
- ・画素数：352×288（CIF）
- ・ピクセルサイズ：5.5 μm × 5.5 μm
- ・電源電圧：+2.8 V単一
- ・消費電力：30 mW（@15 fps）
- ・デジタル画像出力：YUV：4：2：2
- ・AGC、AWB機能
- ・カメラモジュールサイズ
7.8 mm × 6.98 mm × 4.31 mm（0.23 cc）

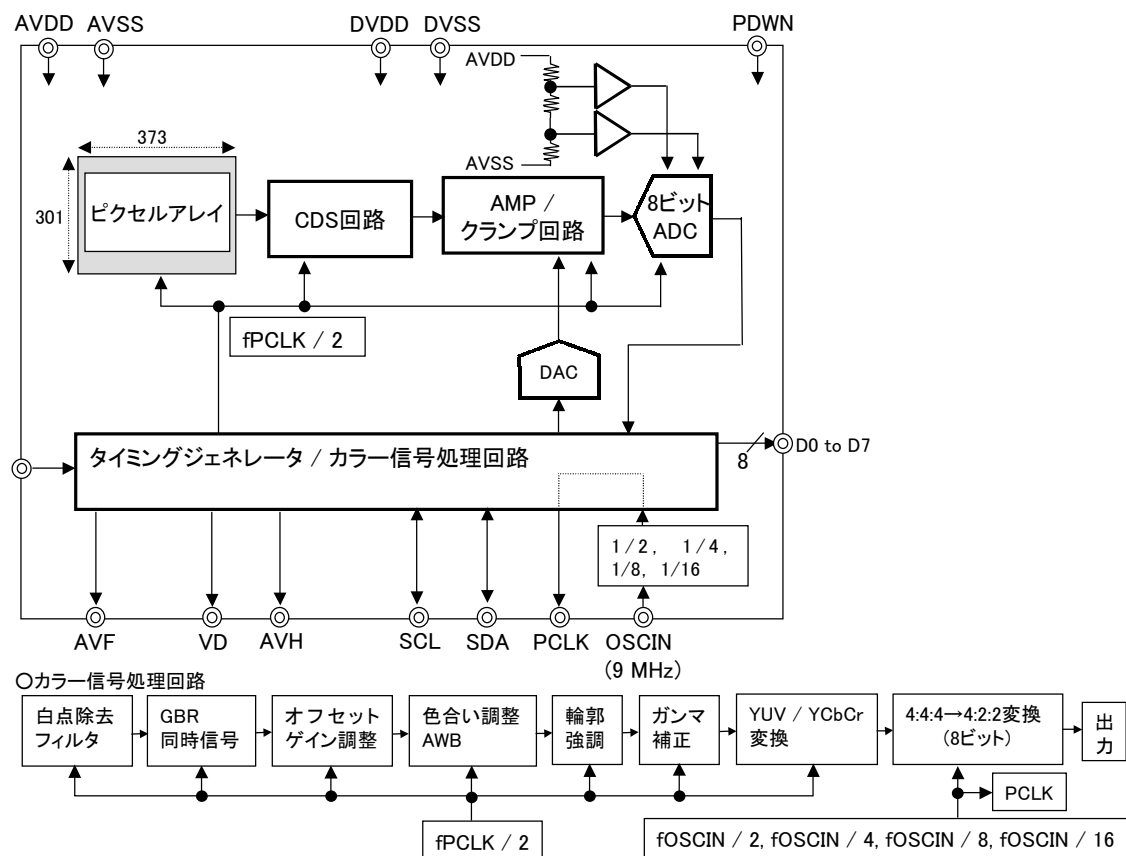


図-1 ブロック図
Fig.1-Block diagram.

小型化技術

● 1チップ化

カメラモジュールの携帯電話への搭載において、携帯電話機器設計の自由度を高めるためには、システムの小型化が必要不可欠である。そこでMB86S02は、従来2チップ構成だったイメージセンサICとカラープロセッサICを1チップ化した。1チップ化する際にかぎとなるのは、アナログ回路とデジタル回路ノイズの分離と、チップサイズの縮小化である。

(1) ノイズの分離

アナログ回路へ与えるデジタル回路のノイズの影響を最小限に抑えるため、トリプルウェル構造を使用してアナログ回路とデジタル回路の完全分離を行った。また、



図-2 マイクロカメラモジュール
Fig.2-Micro camera module.

ラインメモリなどのノイズ源をできるだけアナログ回路から遠い位置に配置した。

(2) レイアウト面積の削減

チップ面積の大部分を占めるSRAMの位置を最適化し、デジタル回路の配線面積を縮小した。また、アナログ回路をトランジスタレベルから見直し、サイズ、配置などの最適化を実施し、レイアウトサイズで30%縮小させることができた。また、QCIF出力回路の演算をアナログ回路で実現することにより、SRAMが不要になりチップサイズの縮小化が可能となった。

● カメラモジュールの小型化

従来のカメラモジュールでは、チップをワイヤボンディングで行っており、コンデンサなどの部品をモジュール内に配置した場合、モジュールの大きさを10 mm × 10 mm × 10 mm以下にすることは困難であった。

その問題を解決するためにMB86S02では、BCC技術を応用し、CMOSセンサチップとパッケージ部とを直接バンパによりフリップチップ接続し、パッケージもフレキシブル基板に直接接続した構造とすることで、厚さ方向を短縮し、厚さを4.31 mmまで薄くすることができた。また、コンデンサなどの回路部品を受光部以外のチップ上に配置する新技术を採用することによって、幅、長さ方向の縮小を実現した。その結果、カメラモジュールの大きさを従来構造の約1/4の大きさ(7.8 mm × 6.98 mm × 4.31 mm)、世界最小の容積(0.23 cc)にすることができた。

BCCパッケージの断面構造を図-3に示す。

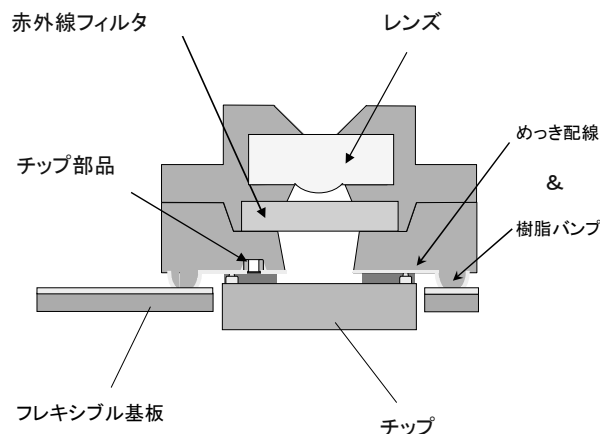


図-3 BCCパッケージ断面構造
Fig.3-BCC package cross section.

低消費電力化

携帯電話用カメラは、低消費電力が必須条件となっている。これを実現するために、アナログ回路のトランジスタレベルからの見直しを行った。まず、アナログ回路の消費電力の半分以上を占めているビデオ用A/Dコンバータの前段にサンプルホールドを付けることにより、消費電力を約1/3以下に抑えることができた。また、センサからの読み出し回路、CDS (Correlated Double Sampling) 回路、ビデオアンプなどのアナログ回路の最適化を行うことにより、従来に比べて約1/2以下の消費電力に抑えた。

低ノイズ/高画質化

- CDS回路

光電変換された信号を読み出すとき、必ずフォトダイオードのリセット解除時に、ノイズが発生し、信号に重畳される。このノイズ成分を除去するためにCDS回路を用いた。

CDS回路では、リセット解除時のノイズ成分が含まれたアナログ信号を一度サンプリングしておき、その後再度リセットをかけて、ノイズをもう一度サンプリングすると同時に、先にサンプリングしたアナログ信号からノイズ分を取り除くことで高画質化を図った。

- シェーディング抑制技術

モジュールの小型化により、画素エリア周辺部の受光部では光の入射角が大きくなり、マイクロレンズで集光された光の光軸中心は受光部外にずれる。そのため、最外部ほど受光部内に入射する光量が減少する。この現象をシェーディングという。このシェーディングを抑制するために外周部のマイクロレンズを中心寄りにずらす構造とした。マイクロレンズをずらすことで、光を受光部中心に入射させることができ、外周部の受光量を2倍以上向上させることができた。

- フリッカノイズ検出除去技術

フリッカノイズとは、蛍光灯の輝度変化により映像に明暗の横縞がちらついて見えるノイズである。このノイズを検出除去するためのフィードバック回路を開発した。本回路では、まず、特定ラインの平均輝度をモニタする。フリッカノイズが発生していれば、その平均輝度はフレームごとに変わるので、その輝度差を算出することで、ノイズの有無を検出することが可能になる。フリッカノイズを検出したときは、信号蓄積時間の調整を行う

ことでそのノイズを完全に除去することができた。

多機能化

- QCIF (Quarter CIF) モード

画像の伝送時間短縮のために、CIFの1/4の画素数：176 (H) × 144 (V) にして出力することができる機能である。

QCIFモードでは、水平方向1ピクセルおきの同色ピクセル同士を加算平均している。単純に間引いた場合に比べ、画素数削減による画像の解像度劣化を小さくすることができ、出力画像は滑らかになる。また、本機能は新規に開発したアナログ回路技術を採用した。このため、通常必要となるラインメモリやロジック回路を使用しないため、チップ面積、消費電力はほとんど増加していない。

- パワーセーブモード

完全に動作を停止して消費電力を削減するパワーダウン機能とは別に、動作しながら消費電力を落とすパワーセーブ機能を採用した。

この機能は出力フレームを間引いて動作を行っている。間引いている期間中に、不必要な回路の電源を切断するため、クロックを落としても消費電力を落とすことのできないアナログ部の消費電力を削減し低消費電力動作を実現した。フレームレート5 fpsで、15 mWと低消費電力動作が可能である。

- 長時間露光モード

暗いシーンを撮影したいときに使用する、シャッター速度を1フレーム以上遅くする露光時間制御を行う長時間露光モードを用意している。

クロック分周比を設定することでスローシャッター機能も同様の効果を得られるが、この長時間露光モードでは、より細かい刻みの積分時間設定が可能である。

む す び

本稿では、携帯電話向けに開発したCMOSマイクロカメラモジュール (MB86S02) の要素技術について紹介した。

今後は、高速モバイル通信サービスの普及に伴い小型化、低消費電力化の要求に加えて画質向上および高画素化の要求が強くなると予想される。これらの市場要求に対して、CMOSセンサの特長である小型・低消費電力を最大限に生かした製品の市場投入を加速していく。