

産業のスマート化を加速する超高精細 映像技術の最新動向と今後の方向性

ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社 おにづか まさつぐ イメージングシステム事業部IS応用技術部 鬼塚 将次



1. はじめに

4K/8Kの超高精細映像技術は、放送分野における高画 質化のみならず、屋外ディスプレイでの広告表示や防犯・ セキュリティ分野での超高精細システムの実装、医療分野 への応用など、様々な分野・領域への活用が進んでいる。 IoT時代を迎え、抜本的な生産性向上実現のためのスマー ト化が進展している産業分野においては、高精細高画質 な画像を撮ることに加え、赤外光のような人間の眼に見え ない画像を利活用するセンシング技術が広がってきている。 これらの高度化するマシンビジョンカメラに欠かせないキー デバイスがイメージセンサーである。産業用のイメージセン サーは高い要求品質と継続的供給を求められる。さらに用 途が様々で、幅広いラインアップが求められる点もこの市 場の大きな特徴である。当社はイメージセンサーのリーディ ングカンパニーとして、小型から大型、低速から高速、低 画素数から高画素数、紫外光から赤外光、と幅広い製品 ポートフォリオを持つことであらゆる要望に応えるとともに、 シリーズごとにパッケージのピンアサインを統一し、マシン ビジョンカメラ開発におけるラインナップ展開を広げやすく してきた。

本稿では、産業分野のアプリケーション向けに当社が考えるイメージセンサーの進化の方向性を示すとともに、アプリケーション視点で応用事例を紹介する。まず、当社が考える今後のイメージセンサーの進化を図1に示す。進化の方向性として3軸を定義した。1つ目はベースとなるイメージセンサーの性能進化、2つ目はイメージングからセンシングへの性能拡張、3つ目はエッジシステムとして最適化された機能拡張としている。3つの軸についてそれぞれの視点で

詳細を説明するとともに、併せて関連するマシンビジョンカメラシステムの事例を紹介する。

2. イメージング性能進化

工場や物流における高度な自動化を実現するために、検査精度の向上と検査時間の短縮による効率化が求められている。これらの機能を主に担うマシンビジョンカメラには、高解像度(高精細化)や高速性など、より高い撮像性能を持つイメージセンサーが必要となる。本章ではイメージセンサーの様々な性能進化の中から、代表的な内容として高解像度化と小型化の両立及び検査の生産性を向上させるイメージセンサーの大型化と高速読出し技術について紹介する。

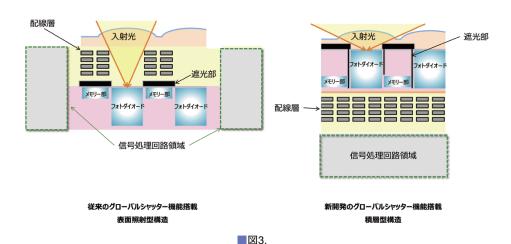
2.1 高解像度化と小型化の両立

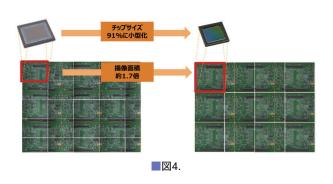
微細な傷や異物などを検出する外観検査工程において、 更なる検査精度向上のためにイメージセンサーの画素数を 単純に増やすと、チップサイズが大きくなり、カメラサイズ も大きくなるという課題があった。一方、カメラサイズを大 きくしないために、画素サイズを小さくすると、1画素あた りの集光面積が小さくなることに伴い、画質劣化による認 識・検査性能の低下は避けられなかった。この課題を解決 すべく、当社は産業分野に適した裏面照射型の画素構造 を採用したグローバルシャッター機能搭載の積層型CMOS イメージセンサー技術(Pregius STM)を開発(図2、図3) し、高解像と小型化を両立させた。新構造は従来の表面 照射型に比べて集光性に優れており、また、画素特性を損 なわないようグローバルシャッター機能に欠かせないメモリ



| | | | | | |

スポットライト





部分を遮光する技術開発を行うことで、画素面積を従来比63%の2.74μm角に微細化した。さらに、従来は画素周辺に配置した信号処理回路を積層して組み込むことで、同一光学系で約1.7倍の高精細化(1237万画素→2035万画素)とパッケージサイズの小型化(従来比91%*¹)の両立を実現した(図4)。

2.2 イメージセンサーの大型化と高速読み出し技術

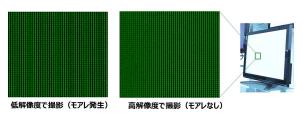
マシンビジョンカメラには、一般的にCマウントレンズ対応のイメージセンサーが使用されているが、より大きな光学サイズのイメージセンサーを活用し、撮像エリアを広げることで、更なる生産性向上が期待できる。例えば、1.1型(対角17.6mm)の1237万画素のイメージセンサー「IMX253」と、グローバルシャッター機能を搭載した3.6型(対角56.7mm)の1億2768万画素の大口径イメージセンサー「IMX661」での撮像を比較すると、撮像回数の削減による生産性向上と高解像度による認識精度の向上が実現できる(図5)。また、フラットパネルディスプレイ検査では、図6に示すように、

IMX661 3.6型 1億2768万画素の撮像エリア



IMX253 1.1型 1237万画素の撮像エリア

※焦点距離が同じレンズを使用した場合、右のIMX661は左の約10倍の面積を撮像できる
■図5.



■図6.

パネルの解像度に対してイメージセンサーの解像度が不足するとモアレが発生することから、超高精細イメージセンサーを用いたオーバーサンプリング検査が極めて有用である。一方、多画素化することで信号処理量が増加すると、一般的にはフレームレートが低下し、読み出しに時間がかかるという課題もある。IMX661では、一部の機能を搭載したチップを画素ウェーハ上に積層するChip on Waferプロセス技術を採用した独自のデバイス構造により、ADコン

*1 当社のグローバルシャッター機能搭載CMOSイメージセンサー「IMX531」と「IMX253」の比較。 Pregius Sはソニーグループ (株) またはその関連会社の登録商標または商標です。



バータを最適な位置に実装することで処理能力を向上させ、 更には高速インタフェース規格SLVS-EC (Scalable Low Voltage Signaling with Embedded Clock) を採用することで、従来比4倍*2の高速な画像読み出しを実現した。フラットパネルディスプレイや電子基板の検査工程においては、大口径のイメージセンサーを用いたカメラの採用が加速しているが、イメージセンサーの大型化と高速読み出し技術により、ワンショットの撮像エリアを大きく拡大し、撮像回数の削減による検査時間の短縮や高解像度化による検査精度の向上を実現している。

3. センシングへの性能拡張

昨今、様々な産業機器分野において人間の眼を超えるセンシングの活用が進んでいる。従来の可視光による検査/識別に加え、近赤外光や偏光情報、距離情報といった新しい情報の取得により、従来できなかった課題を解決するセンシングが実現可能となっている。本章では、新しい多彩なセンシング技術の中から、SWIR(Short-Wavelength InfraRed)イメージセンサー、UV(Ultraviolet light)イメージセンサー、ToF(Time of Flight)方式距離画像センサー、偏光イメージセンサー、これら4つのセンシング技術について紹介する。

3.1 SWIRイメージセンサー

SWIRは赤外線の一種である短波長赤外である。当社が2020年に発表したイメージセンサー「IMX990/IMX991」は

1つのイメージセンサーで、可視光を含む0.4μmから1.7μm までの広帯域波長の撮像を実現した。SWIRセンサーの開発にあたり、化合物半導体のInGaAs (インジウム・ガリウム・ヒ素)層でフォトダイオードを形成し、読み出し回路を形成したSi (シリコン)層とCu-Cu (カッパー・カッパー)接続することで画素ピッチの小型化及び広帯域を実現し、今までにないSWIR対応のイメージセンサーとなっている。

SWIRの波長領域では図7に示すように、表層の下にある果物の打痕を可視化(水分密度の違いを可視化)することや短波長赤外光の吸収率の違いを活用した材料選別等ができる。従来は可視光用とSWIR用の複数台のカメラで行っていた検査を1台に集約するなど、検査における可能性を広げるデバイスとして、システムコストの低減や画像処理の高速化によるスループットの向上を可能としている。

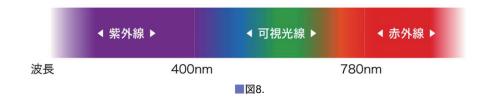
3.2 UVイメージセンサー

可視光では困難な素材の選別や物体表面の微細な傷や 欠陥を検査する上では、紫外線波長域(UV)のセンシング も有用である。UV波長域は、可視光より波長の短い帯域 で一般的に10nm~400nmとされている(図8)。当社のイ メージセンサー「IMX487」は、このUV波長域の中でも産 業用の検査に適した200nm~400nmの波長に対応し、UV 波長域の光源を用いたセンシングにより半導体パターン欠 陥検査のほか、リサイクル現場での素材選別(図9)、部品 表面の微細傷の検査など幅広いユースケースでの活用が期 待されている。本製品はUV波長のセンシングに特化した構





■図7.



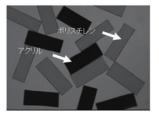
^{*2} 当社のグローバルシャッター機能搭載センサー「IMX661」と「IMX253」の比較。



可視光







UV光によりアクリルとポリスチレンを選別

図9.

造を採用しつつ、Pregius S技術を搭載することで、動体 歪みのない、高フレームレートの撮像を実現している。高 速性が求められる領域にもUVイメージセンサーの適用範 囲が広がることを期待している。

3.3 偏光イメージセンサー

通常、物体を見る際、その物体の表面で反射及び散乱さ れた光を我々は見ている。これらの光はいろいろな方向に 振動しており、偏光板を介することで特定の方向に偏った 光(偏光)を取り出すことが可能となる(図10)。当社の偏 光イメージセンサー(例:IMX253MZR)は4方向の偏光板 (偏光子) をセンサー内に搭載しており、1回の撮像で4方向 の偏光情報を得ることが可能である(図11)。これらの偏 光情報を活用することで、図12に示すように、従来の可視 光センシングでは困難であった物体表面の傷・異物・歪み などの検査の高精度化や反射光の除去が可能となり、将来 的に様々な応用の可能性を期待している。

3.4 ToF (Time of Flight) 方式距離画像センサー ToF方式距離画像センサーは、レーザーやLEDといった

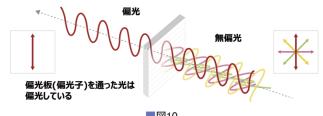


図10.

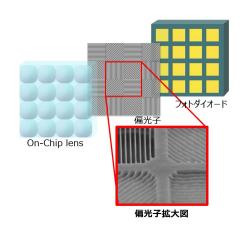


図11.

発光源からの光を対象物に照射し、その反射光をセンサー で検出するまでの時間差を利用して対象物までの距離を測定 する。当社が2021年に発表したイメージセンサー「IMX570」 は、小型かつ高解像度で3次元空間としてのセンシングを 実現可能としている(図13)。従来の2次元画像では判定が 難しい体積や立体形状の検査、物の重なりの判別などが 必要なアプリケーションに展開されている。

当社は、このような多様なセンシングデバイスのラインナッ プを提供していくことで、製造現場の課題である不良撲滅、 スループット向上、ライン停止なし、省人化・自動化の解 決に貢献していく。





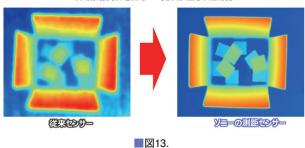




図12.



距離情報をカラー化処理した画像



4. エッジシステムに最適化された機能拡張

これまでのイメージセンサーは、映像として人が見ることを前提に進化しており、イメージセンサーの有効画素に準ずる映像を出力する。ただし、相手がAI等の機械となると常に全画素情報が必要とは限らなくなる。例えば、基板検査装置においては、特定部品や特定の箇所に注目して検査を行うだけでよい。この場合、対象外の画素情報は不要であり、データ量も冗長となることから、画像の取込みから周辺機器がアクションを開始するまでのタクトタイムが長くなってしまう。また、前章までに説明したような単に撮るだけのデバイスとしてみた場合に、多画素で高速化、偏光情報に距離情報といったデータの量や種類も大幅に増えていることが分かる。部品検査の高度化、カメラの高解像度化に伴って情報量が飛躍的に増えていくことを示しており、後段の画像処理及びインタフェース回路の処理負荷増大にもつながっている。

つまり、AI等の機械での処理を考えると、必要な領域のみを切り出すことによって情報を絞り、処理時間を短縮することが有効である。当社のイメージセンサーには、必要とする領域のみを抽出するROI(Region of Interest)機能、必要な瞬間のデータのみを出力するセルフトリガー機能、積層化により実現した2つのADコンバータを搭載している。通常は複数枚画像の重ね合わせで実現していたHDR(High Dynamic Range)処理を、アーチファクトの発生無く処理するとともに、センサー内部で合成まで行うことで従来と同じデータ量で出力し、ロバスト性の高いセンサーを実現している(図14)。

このような機能拡張は積層技術によって実現される。図15 に示すように積層技術のポイントは、ウェーハプロセスが画 素領域と回路領域のそれぞれに分けられることで、更なる

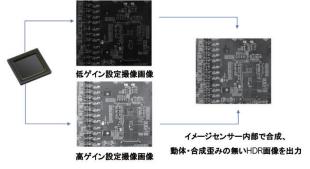


図14.



画質向上と機能拡充のスケーラビリティを持たせることが可能である。また、ウェーハプロセス上の工夫により、レイテンシーや画素へのフィードバック、消費電力において極めて有利である。機能拡張は今後のAI時代における確実なアシストになっていく。その実現に向けて後段システム処理を含めた全体課題をどうとらえるかが非常に重要であり、その中でハードだけでなくソフトも含んだ課題解決に向けたソリューションとして当社は取り組んでいく。

5. おわりに

本稿において、ソニーセミコンダクタソリューションズが考える今後の産業機器向けイメージセンサーの進化の方向性(性能進化、性能拡張、機能拡張)について紹介した。当社はこれらの進化軸に対応した製品を120種類以上揃えており、産業分野の幅広いニーズに対応している。今後もイメージセンサーの技術革新をさらに進めることにより、新しい応用の開拓や産業のスマート化を加速し、私たちの生活の向上と社会課題の解決に貢献していく。産業機器向けイメージセンサーについて、製品の詳細情報や問い合わせ先は、以下に掲載している。

https://www.sony.co.jp/cis-industry