

論文内容の要旨

<博士論文題目> 「振り分け転送方式および部分領域高速読み出し方式による変調光成分検出可能な CMOS イメージセンサに関する研究」

<氏名> 山本 幸司

<論文内容の要旨> (1,200字程度)

CMOS イメージセンサは、画素に様々な付加回路の集積化が容易であり、CCD イメージセンサでは実現できないような撮像機能の向上や高機能化が可能であり、広い応用分野が期待される。本研究では、強度変調した光源の変調成分を検出する下記二方式の CMOS イメージセンサを開発することにより、外乱光の影響を除去した対象物体の撮像を可能にする「変調光成分撮像」、および光の変調パターンに ID 情報を重畳して撮像と同時に ID 受信を可能にする「ID 受信」という新しい機能の実現を目的とした。

【振り分け転送方式による変調光成分撮像 CMOS イメージセンサの研究】

これまでに、複雑な回路を用いることなく変調光成分を検出できる、振り分け転送方式による変調光成分撮像を実証してきたが、画質向上のためにノイズ低減が重要な課題となっていた。本研究では、変調光成分撮像の画質向上を目的として感度向上や画素内出力ばらつきを低減するための画素構造の改善、ノイズ低減回路の導入、カラム AD 変換回路の集積化等を行い、変調光成分撮像用 128×128 画素 CMOS イメージセンサを設計・試作を行った。その評価の結果、暗時の出力ばらつき 0.1% 以下を達成し、良好な変調光成分画像の取得に成功した。

【部分領域高速読み出し方式による ID 受信 CMOS イメージセンサの研究】

本研究では、光源の変調パターンに ID 情報を重畳し、通常撮像と同時に ID 受信を可能にする ID 受信用 CMOS イメージセンサの研究開発を目的とした。これまで報告されている ID 受信イメージセンサでは画素サイズや消費電力の増大が大きな問題となっている。ここでは、ID 受信方式として部分領域高速読み出し方式を考案し、携帯端末への搭載を考慮して簡単な画素構成ながらも低消費電力で ID 受信が可能な CMOS イメージセンサを目指した。この方式により、30 fps で 320×240 画素の画像を撮像しながら、5×5 画素の ID 受信領域を最大 7 つ同時に 1,200 fps での高速読み出しが可能になった。提案した ID 受信方式に基づき、新たに CMOS イメージセンサを設計・試作し、その性能を評価した。このセンサにより、30 fps で通常撮像を行いながら ID 受信領域を 1,200 fps で高速に読み出し、400 Hz で変調した 8-bit の ID 受信に成功した。センサ単体の消費電力は 3.6 mW であり、実用的な携帯端末への搭載が可能な値にまで抑えることができた。

さらに、開発した ID 受信センサの応用として情報家電用ユーザインターフェイスを提案した。これは、情報家電から送信される機器の識別信号を受信し、機器に対応したアイコンを通常画像上に重ねて表示することによって視覚的な機器操作が可能な新しいシステムである。本研究においてプロトタイプシステムを構築し、機能実証を行った。

以上

(論文審査結果の要旨)

CMOS イメージセンサは様々な付加回路の集積化が容易であり、CCD イメージセンサでは実現できないような撮像機能の向上や高機能化が可能であり、幅広い分野への応用が期待されており、研究開発が精力的に進められている。

本博士論文は、著者がイメージセンサによる変調光成分の検出に着目し、変調光成分撮像およびID受信という新しい機能を可能にするCMOSイメージセンサに関する研究に取組み、新しい振り分け転送方式と部分領域高速読み出し方式を考案し、以下に示すような新規の知見や優れた技術成果を得てまとめたものである。

1. 変調光成分の撮像画像の画質向上を目的として、感度向上や画素内出力ばらつきを低減するための画素構造の改善、ノイズ低減回路の導入、カラムAD変換回路の集積化等を行い、変調光成分撮像用128×128画素CMOSイメージセンサを設計・試作し、評価を行った。その結果、受光部のフォトゲートを櫛型構造にすることにより、感度を1.4倍に向上した。また、画素内の2つの信号検出部を共通化することにより、画素内アンプの特性ばらつきの影響を除去した。これにより、暗時の出力ばらつき0.1%以下を達成した。さらに、対称性を考慮した画素構造により、信号電荷の転送ばらつきを抑え、光照射時の出力ばらつきを1/3に低減した。これらの改善により、変調光を照射した対象物体を十分識別できる程度にまでその変調光成分の撮像画像の画質向上に成功した。
2. 携帯端末へ搭載可能なID受信イメージセンサの実現を目指して、高画素化のために簡単な画素構造を用いながら、低消費電力でのID受信が可能な読み出し方式を考案した。提案した方式によりID受信用のCMOSイメージセンサを設計・試作し、評価を行った。このセンサにより、30 fpsで通常撮像を行いながら1,200 fpsでのID受信領域の高速読み出しを実現し、400 Hzで変調した8-bitのID受信に成功した。センサ単体の消費電力は3.6 mWであり、実用的な携帯端末への搭載が可能な値にまで抑えることができた。
3. 開発したID受信センサの応用として、情報家電用ユーザインターフェイスを提案した。これは、情報家電から送信される機器の識別信号を受信し、機器に対応したアイコンを通常画像上に重ねて表示することによって視覚的な機器操作が可能な新しいシステムである。本研究においてプロトタイプシステムを構築し、その機能実証を行った。

以上のように、本論文は、イメージセンサによる変調光成分検出機能として変調光照射対象の撮像やID受信という新しい機能を有するCMOSイメージセンサの研究開発に関するもので、得られた技術や新しい知見は学術上だけではなく工学的にも高い価値を有している。

よって、博士論文審査会および最終試験の結果、審査員一同は山本幸司の本論文が博士(工学)の学位論文として高い価値を有するものであると評価し、合格と認めた。以上