

ルーフミラーレンズアレイ(RMLA)密着イメージセンサ

Roof Mirror Lens Array(RMLA) Contact Image Sensor

藤田 和弘* 三澤 成嘉* 前田 育夫* 井上 浩之*
Kazuhiro FUJITA Shigeyoshi MISAWA Ikuo MAEDA Hiroyuki INOUE
宇賀 隆人** 宮下 隆明**
Takahito UGA Takaaki MIYASHITA

要 旨

プラスチック製等倍結像素子ルーフミラーレンズアレイ(RMLA)はリコー独自の光学素子である。今回RMLAにレンズフードを付加することによって高解像化と迷光防止を図り、フラットベットスキャナユニットに対応できる密着イメージセンサに搭載した。その結果、高さ25mmという超薄型のスキャナユニットが実現できた。

ABSTRACT

Ricoh developed a Roof Mirror Lens Array (RMLA) for the first time, which is one of a unity magnification imaging device made of a plastic. We have improved the resolution of the conventional RMLA and reduced its flare by adding a lens-hood array, and applied this improved RMLA to a contact image sensor unit for a flat-bed scanner. Scanner unit with 25mm thickness is realized using this sensor unit.

1. 背景と目的

オフィスでは、FAX機能、複写機能などを有する低価格で小型な複合機のニーズが高まっている。このような小型な複合機を実現するためには、原稿読取り光学系の薄型化が必要である。原稿読取り光学系としては、縮小光学系とCCDラインセンサで構成する方式が一般的であるが、この構成では、小型化、薄型化には限界がある。Fig. 1は、縮小光学系とCCDラインセンサを用いた場合と、密着イメージセンサユニットを用いた場合の原稿読取り光学系のマシン内で占有する高さを模式的に示したものである。前者の構成では、折り返しミラーなどの駆動部分のスペース確保のため、光学系の高さが60～70mm以上必要である。原稿読取り光学系の小型化、薄型化を実現するためには、密着イメージセンサユニットを採用することが有効である。しかしながら、従来の密着イメージセンサユニットは焦点深度が浅いためシート原

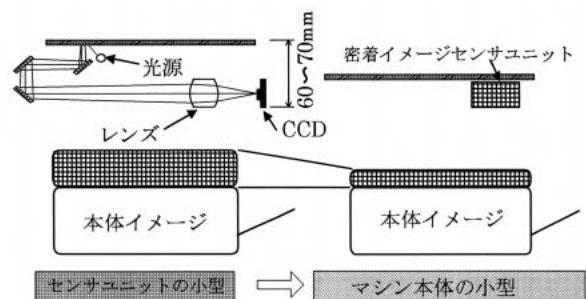


Fig.1 Advantage of applying contact image sensor unit for flat-bed scanner of copy or facsimile machine

稿用であり、ブック原稿を高解像で読み取ることができなかった。我々は、高解像で大きな焦点深度を有するリコー独自の等倍結像光学系であるルーフミラーレンズアレイ(RMLA)を用いることによって、密着イメージセンサユニットの高解像化を達成し、かつ十分な深度を確保した。

本稿では、従来RMLAからの性能向上について述べるとともに、改良RMLAを密着イメージセンサユニットへ適用することで、高さ25mmという原稿読み取り光学系の薄型化を実現したので報告する。

* 研究開発本部 応用電子研究所
General Electronics R&D Center,
Research and Development Group

** 研究開発本部 RD推進センター
RD Planning Center, Research and Development Group

2. 技術

2-1 RMLA光学系

RMLA光学系についてはこれまでいくつか報告しており^{1,2)}ここでは、構成、結像原理は簡単にふれ、従来RMLA³⁾からの改良点と諸元設定、および性能について述べる。

2-1-1 RMLAの構成と結像原理

Fig.2に改良RMLAの構成図と、結像原理を示す。RMLAは、プラスチック成形による長尺一体加工されたレンズアレイ(LA)とルーフミラーアレイ(RMA)、レンズ間のクロストーク光を遮光する絞り板、および今回性能向上のために新たに付加したレンズフードとで構成される。

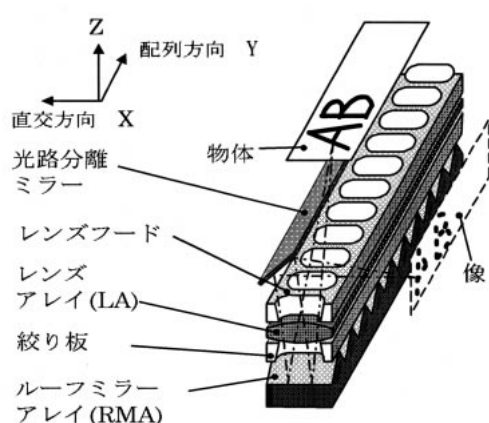


Fig.2 Overall structure of RMLA

RMLAは、再帰反射機能を有するルーフミラーで反射され同一レンズにより正立実像を形成している。単一レンズ系の有効読取り幅は小さいが、隣接するレンズ系で形成された像が互いに重複し、必要な有効読取り幅を確保している。

RMLAは再帰反射光学系であるため、従来構成のRMLAでは、レンズアレイの表面反射など光学系内で発生する迷光により、コントラストの低下が少なからず存在した。今回、レンズアレイの前方にレンズフードを付加することで迷光防止を図った。

2-1-2 諸元設定

RMLAは、複数個のレンズ群により重複像を形成するため、各ルーフミラーレンズで形成された像の合成により解像力が決定される。光学性能の最適化手法として一般に用いられている、像点における合成点像分布関数をフーリエ変換するシミュレーションによりMTFを求めた。光量分布特性に関しては、単一のルーフミラーレンズで形成される光量分布が配列方向(Y方向)に重ね合わせられ、RMLAの合成光量分布が形成される。今回、従来RMLAと同様な矩形開口レンズを採用した。これ

により、単一レンズの光量分布を三角形近似の分布とし、レンズ視野半径: FYとレンズ素子径(Y方向): DYで定義される光量の重なり度($m=FY/DY$)を $m=1$ 近傍で設定し、光量分布の均一化を図った。

Table1にRMLAの諸元設定結果、Table2に主要特性を示す。

Table 1 Optimum setting of optical parameters

	改良 RMLA	従来 RMLA
焦点距離(mm)	11.4	11.2
レンズ径	D _Y (mm)	3.0
	D _X (mm)	4.0
配列ピッチ(mm)	3.0	3.0
フード開口形状 D _Y ×D _X (mm) ^{*)}	2.75×3.75	—
絞り板開口形状 D _Y ×D _X (mm) ^{*)}	2.75×3.75	2.7×3.7
フード厚 (mm)	1.5	—
絞り板厚 (mm)	1.5	2.1
有効半画角 (Deg)	14.7	15

^{*)}注記 : 開口形状

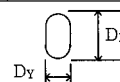


Table 2 Optical characteristics of RMLA

	改良 RMLA	従来 RMLA
MTF (%)	4Lp/mm	87
	8Lp/mm	68
F No (等価 F 値)	F/2.5	F/2.2
光量ピッチムラ (%)	5	4.5

改良RMLAには、レンズフードの付加による部品点数の増加が必要となったが、レンズフードと絞り板の開口形状を同一形状で最適解を得られるように設定した。その結果、レンズフードと絞り板は同一部品を採用でき、生産性を損なわない構成が可能となった。

2-1-3 改良RMLAの特性

改良RMLAのおもな特徴を以下に述べる。

Fig.3に空間周波数とMTFの関係を示す。空間周波数が高くなるに従い直線的にMTFが低下する。8Lp/mmの高解像域で70%以上の高い値を示す。

Fig.4にデフォーカスと配列方向MTFの関係を示す。これは焦点深度を表しており、8Lp/mmで±0.3mm以上の大きな値を有している。

Fig.5に光量分布の実測例を示す。レンズ光軸部で若干光量が高く光軸間で低く光量ムラは5%である。この傾向は、シミュレーション結果と一致した。レンズフードおよび絞り板の開口形状を矩形から長穴開口に設定することで、単一ルーフミラーレンズで形成される光量分布の頂点部をなだらかにし、レンズ間隔の変動による合成光量分布への影響を低減している。

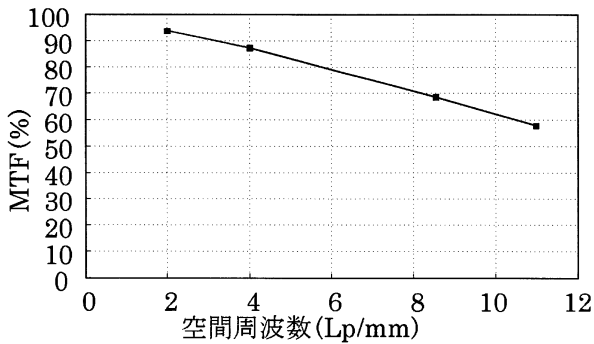


Fig.3 Spatial frequency vs. MTF of RMLA

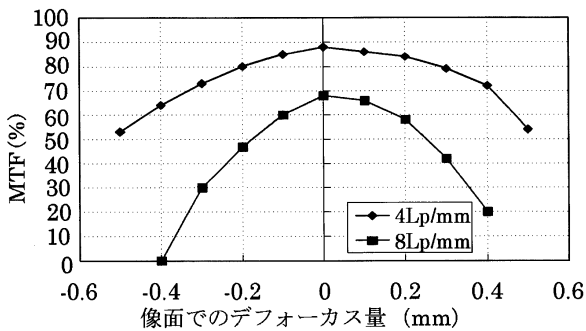


Fig.4 Defocus characteristics of RMLA on MTF

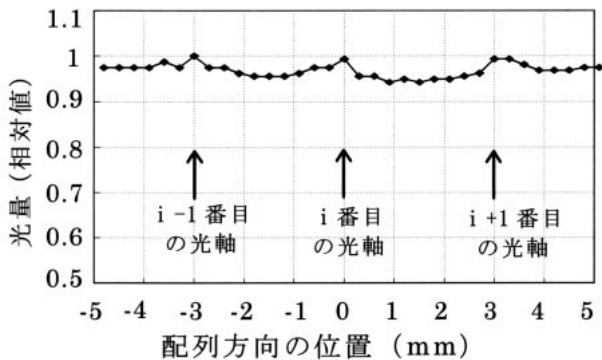


Fig.5 Measured example of irradiance distribution of RMLA

2-2 密着イメージセンサユニットへの適用

改良RMLAを用いて有効読取り幅B4サイズ、およびA4サイズの密着イメージセンサユニットへ適用した。

各サイズの密着イメージセンサユニットの仕様をTable3に示す。読取り密度に関しては、仕様上の違いがあるが、各サイズともRMLAに要求される仕様は8Lp/mmの空間周波数の解像力である。各ユニットのおもな特徴は以下に述べるそれぞれのフレームの構造にある。

Table 3 Specification of RMLA contact image sensor unit

	B4 type	A4 type
ユニットサイズ	20×30×320	20×30×275
H×W×L(mm)	(mm)	(mm)
読取り幅(mm)	256mm	216mm
画素密度	16dots/mm	400dpi
読取り速度	1.2ms/ライン	1ms/ライン
画素クロック	4MHz	4MHz

2-2-1 B4ユニット構造

Fig.6にB4サイズ密着イメージセンサユニットの断面図を示す。フレーム構造はアルミ押し出しフレームの採用により、高信頼性を確保した。

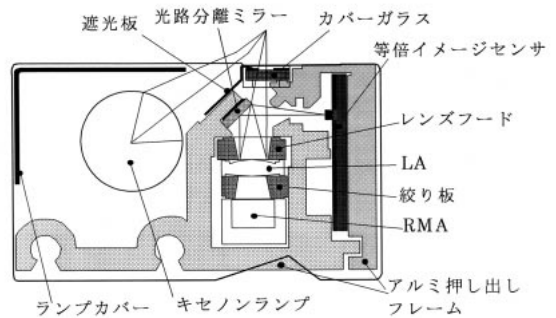


Fig.6 Cross sectional structure of B4 type contact image sensor unit

RMLAのレンズフード前方に光路を90°変換する光路分離ミラーを配置し、フレームに接着している。RMLA、等倍イメージセンサは板バネを用いてフレームに押し当て高精度に保持している。ユニットの両端部分は、照明光源であるキセノンランプの保持機能と、ユニットの取り付け基準を持たせたブラケット機能を有する高精度なモールド品で構成している。

2-2-2 A4ユニット構造

Fig.7にA4サイズ密着イメージセンサユニットの断面図を示す。フレーム構造はモールドフレームと板金部材の複合構造とし、低コスト化を達成した。

モールドフレームには、RMLA、光路分離ミラー、等倍イメージセンサ、照明光源、さらにユニットの取り付け基準を同時に持たせた。フレーム剛性を持たせるた

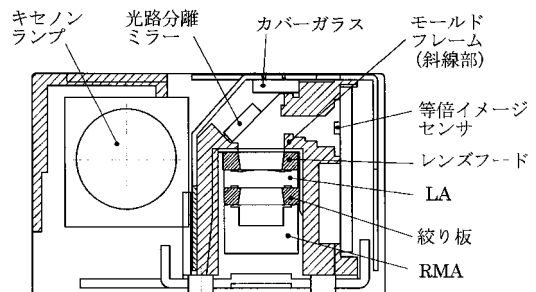


Fig.7 Cross sectional structure of A4 type RMLA contact image sensor unit

めに、フレーム底部に板金部材を組み合わせた。同時にキセノンランプの発熱によるフレーム変形も抑えることができた。このような構成を採用することで、アルミ押し出しフレーム採用のユニットと同等の信頼性を確保しつつ、ユニットコストを大幅に低減できた。

B4ユニット構造，A4ユニット構造いずれも，読取り原理は同一である。原稿面情報を，RMLAによって等倍イメージセンサのフォトエレメント上に1対1の等倍で結像し，1ラインを読み取る。このRMLA密着イメージセンサユニットが主走査方向と直交する方向に移動し，原稿面全体を読み取る。Fig.8に本ユニットとRMLAの主要構成部品の写真を示す。

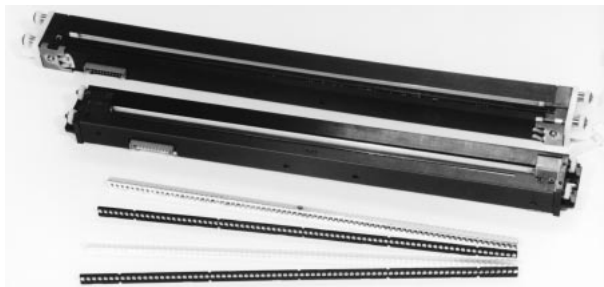


Fig.8 B4 and A4 type RMLA contact image sensor unit, Roof mirror array, Stop array, Lens array and Lens-hood array which are parts of RMLA

2-2-3 ユニット特性

B4ユニット構造，A4ユニット構造とも，同一諸元のRMLAを用いているため，同等のユニット光学特性を示す。本稿では，代表として，A4ユニット構造のRMLA密着イメージセンサユニットについて説明する。

Fig.9にRMLA密着イメージセンサユニットのMTF分布を示す。配列方向A4サイズ(3456bit全画素)の平均値で70%程度(400dpi)示している。この値は，前項で示したRMLA光学系の性能と同一であり，ユニットとしてもMTFは55%以上と高い値を有している。

Fig.10にユニットのMTFの深度依存性を示す。コンタクトガラス表面を焦点位置としている。400dpiでは深度幅0.5mm程度，200dpiでは1.2mm以上有している。

3. 成果

従来のRMLAに，絞り板と同一形状のレンズフードを付加し諸元を最適化することで，より高性能な光学系を実現できた。高い解像力，大きな深度を生かして，高密度(16dots/mmあるいは400dpi)密着イメージセンサユニットの光学系に採用し，ユニットの小型化(原稿読取り光学系の高さ25mm)を実現した。B4ユニット構造のRMLA密着イメージセンサユニットは当社の普通紙ファクシミリRIFAX BL100“写太郎”，デジタル印刷機“プリポート”に搭載され，マシンの小型化に貢献した。

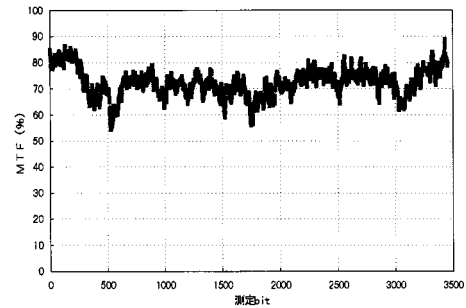


Fig.9 MTF characteristics of RMLA contact image sensor unit

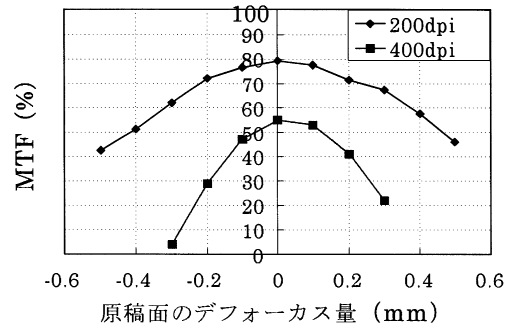


Fig.10 Defocus characteristics of RMLA contact image sensor unit on MTF

また，モールドフレームを採用したA4ユニット構造のRMLA密着イメージセンサユニットは，デジタル複合機“aficio FX10”に搭載され，小型化とコストダウンに寄与している。

4. 今後の展開

密着イメージセンサユニットを用いることにより原稿読取り光学系の高さを非常に薄く設定できる。ユニット読取り幅が広幅になるほど縮小光学系と比較したサイズメリットが拡大してくる。このように，密着イメージセンサユニットのメリットをより生かすために，RMLAも広幅ユニットに応用していく。さらに，高密度，カラー読取りも可能なより高性能なRMLAを開発していく。

謝辞

本ユニットを開発するにあたり，リコー光学(株)はじめ，生産本部，生産技術研究所の関係者各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 井口：Ricoh Technical Report, 13, (1985) p.30
- 2) 宮下，藤田，井口：矩形開口レンズを用いた高密度ルーフミラーレンズアレイ，Ricoh Technical Report, 17, (1988) p.25
- 3) 宮下，藤田：ルーフミラーレンズアレイ，O Plus E 159, (1993) p.106