

# 1/9.7" スーパー CCD ハニカムの開発と極細径内視鏡への応用

南 逸司\*, 村山 任\*\*, 萩原 達也\*\*

## Development of a Minimal Super CCD and Ultra Slim Scope

Itsuji MINAMI\*, Jin MURAYAMA\*\*, and Tatsuya HAGIWARA\*\*

### Abstract

FUJINON has developed a new ultra slim scope called EG-530N, with a minimal Super CCD designed dedicatedly for endoscopic structure. We aimed two contradictory objectives, smaller size and better image quality. The former objective was achieved with a new manufacturing technology and the latter was fulfilled by a 3<sup>rd</sup> generation Super CCD. As the result we had succeeded in providing EG-530N with an equivalent or better quality image than the conventional upper GI scope despite its much thinner diameter. EG-530N also has other features for more accurate diagnosis: 1) high-quality VGA-sized still recorded image. 2) 60 frames/second motion rate picture by progressive scanning. 3) good color reproduction using a primary-on-chip color filter, and 4) color tone with depth through a newly developed processor EPX-4400.

### 1. はじめに

上部消化管電子内視鏡（胃内視鏡）は、苦痛の少ない検査を目的として、体腔内に挿入される内視鏡挿入部の細径化を重視した開発を行っている。

極細径上部消化管電子内視鏡 EG-470N5 は、 $\phi 9 \sim \phi 10\text{mm}$  が主流であった挿入部径を、通常検査に必要な内視鏡の機能すべてを維持しながら、 $\phi 5.9\text{mm}$  までの細径化を達成している (Fig. 1)。スリムな挿入部径を実現することで、鼻からの挿入も可能となり、検査における患者の苦痛を大幅に緩和している。

今回、超小型スーパー CCD ハニカムを電子内視鏡応用することによって、この細さを維持しながらも、従来型電子内視鏡と同等以上の画質を実現した極細径上部消化管内視鏡 EG-530N を開発したので報告する。



Fig. 1 Distal end comparison.

本誌投稿論文（受理2005年1月31日）

\* フジノン（株）医用機器事業部

〒331-9624 埼玉県さいたま市北区植竹町1-324

\* Medical Equipment Division

FUJINON Corporation

Uetake, Kita-ku, Saitama-shi, Saitama 331-9624, Japan

\*\* 富士写真フイルム（株）電子映像事業部

電子デバイス研究所

〒981-3493 宮城県黒川郡大和町松坂平1-6

\*\* Electronic Device Laboratories, Electronic Imaging Products Division, Fuji Photo Film Co., Ltd.

Matsusakadaira, Taiwa-cho, Kurokawa-gun, Miyagi 981-3493, Japan

## 2. 開発のポイント

### 2.1 内視鏡の細径化と高画質化

電子内視鏡の先端部は、被写体の観察を目的とする対物光学系と照明光学系、送気・送水や吸引を行うノズルと鉗子チャンネルで構成される (Fig. 2)。また、対物光学系の焦点面には、撮像センサとして CCD が実装される。φ 6mm 未満の細径化実現には、2.1mm × 2.6mm 以下の外形サイズをもつ CCD の採用が不可欠である (Fig. 3)。

そこで、CCD の外形サイズと画質とのバランスを配慮し、小型で良質な画像を得ることのできるスーパー CCD ハニカム<sup>1)</sup>を採用することにした。素子の仕様を Table 1 に、画素レイアウトを Fig. 4 に示す。

画質に関しては、処理後の記録画素数を 640 × 480 画素 (VGA) となるように画素を配列させ、小さくとも飽和レベルを確保できる画素サイズとしては、携帯電話向けセンサで実績のある 3.25 μm ◇ を採用することにした。

外形サイズの制約と目標とする画質から、受光部サイズは 1.50mm × 1.12mm の 1/9.7" フォーマットサイズとなった。

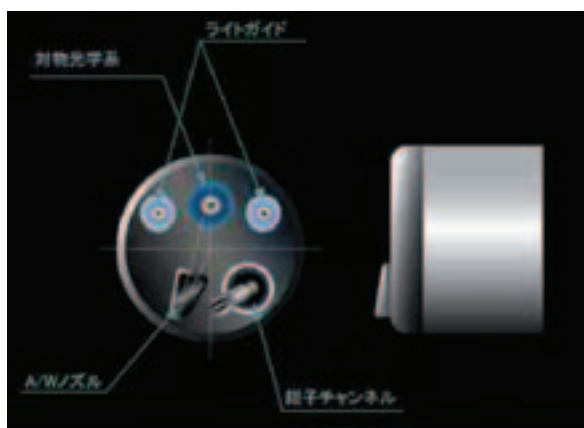


Fig. 2 Distal end structure.

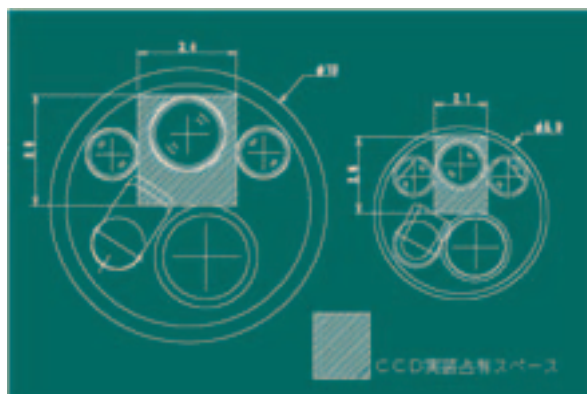


Fig. 3 Distal end section comparison.

Table 1 Device Structure.

光学サイズ	1/9.7"
画素サイズ	3.25 μm ◇
受光部サイズ	1.50mm × 1.12mm
カラーフィルター	原色
フレームレート	60frame/sec (12.27MHz)
入出力ピン数	11ピン
チップサイズ	2.1mm × 2.55mm

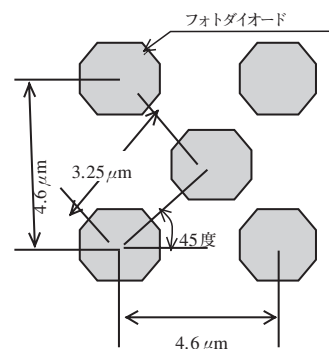


Fig. 4 Pixel layout.

### 2.2 CCD 素子新規技術開発

本素子開発にあたっては、小型化を実現するためのいくつかの新たな技術開発を必要とした。

#### ① 水平 CCD (HCCD) 狭ピッチ化による端子数削減

内視鏡の細径化を目的とした CCD 縮小化のためには、CCD 入出力端子 (PAD) の削減化検討が重要である。本素子では、ラインメモリを廃止することでその制御用端子 (LM) をなくし、トータルの端子数を削減している。携帯電話用センサ用途など、同様な画素サイズを持つ従来型では、垂直 CCD (VCCD) から水平 CCD (HCCD) への電荷転送を上記のラインメモリ使用により、1本おきに転送する手法をとっていたが、HCCD のピッチ半減化によりラインメモリを廃止することができた。微細化に関する製造条件の細部検討を行い、2.3 μm まで狭ピッチ化させた HCCD が実現できた (Fig. 5)。

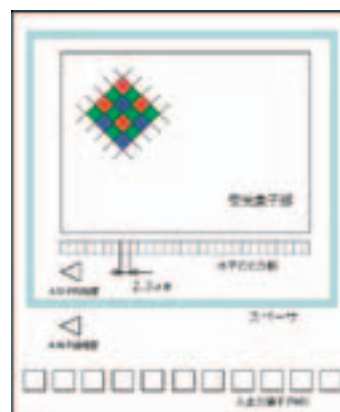


Fig. 5 Block diagram.

## ② AMP部レイアウト縮小化

本素子では、素子の小型化を推進した。このための最優先事項は幅を小さくすることである。従来ソースフォロワ・アンプはHCCDの左側に配置していたが、これが素子の幅を広くする原因であった。

新規開発素子ではHCCDの左側には、初段のドライバートランジスタのみを配置し、負荷トランジスタならびに2段目以降をHCCDの下側に位置するように配置した。このレイアウトにより、素子幅を2.1mm（スクライブライン込み）とすることができた。

## ③その他の小型化へのポイント

CCD周辺部分縮小化、端子の1列配列化、などを実現した。

## 2.3 開発素子の評価結果

製造条件を最適化することにより、推奨動作条件での動作を確認できた。特に、狭ピッチ化したHCCDは転送効率、転送容量、駆動電圧を目標値に達せさせることができ、今後の関連する素子の微細化への一歩ともなった。

端子数低減のために、OFD端子は裏面からとったが、工程上、アセンブリ上、共に何の問題もなく実現できた。素子の電気光学特性も目標通りの良好な結果を得ることができた。

従来センサと同一サイズの画素を採用したが、感度、飽和レベル、スミア、などの特性もねらい通りに達成できた。5100K光源1200cd/m<sup>2</sup>の元でF5.6レンズにて461mVの感度は、1/9.7" -VGAクラスのセンサとしては十分高い特性である。

本素子は、12.27MHzの画素クロックにて60フレーム/秒の画像を取り込むことができる。パートナーとなるDSP（ハニカム画像処理LSI）との組合せにて、良好なVGAサイズの動画像が得られる。チップ写真をFig. 6に示す。端子は1列配置としている。これにより実装基板も小型化でき、極細径内視鏡への適用を可能にした。主な電気光学特性をTable 2にまとめた。

Table 2 Image Sensor Characteristics.

	項目	達成レベル	備考
全体	感度(G)	Ave. 461mV	F5.6, 5100K, 1200cd/m <sup>2</sup>
	スミア	max. 0.0003%	F4.0
	耐 Blooming	800倍光までOK	全面光
PD	空乏化電圧	Ave. 9.53V	TG Pulse幅: 3.26μs
	PD 容量	Ave. 794mV	ブローミング抑制 OFD
	OFD 電圧振幅	—	—
VCCD	垂直転送効率	99.9% 以上	VL=-7.5V
	V-Shading	—	Vso=400mV
	転送容量	Ave. 1196mV	VL=-8.0V
HCCD	転送容量 (メイン)	Ave. 1713mV	—
	最低駆動電圧	Ave. 2.62V	—
	水平転送効率	100.0%	出力 50mV, H=3.0V
RG	必要セット振幅	Ave. 1.45V	OD(RD)=15.3V
	RS Offset	Ave. 12.87V	OD(RD)=15.0V
AMP	AMP Gain	Ave. 0.77V	—
	OD 電流	Ave. 6.60mA	—



Fig. 6 New package and image sensor.

## 2.4 内視鏡仕様ならびに画像評価

一般検査向けの電子内視鏡と、超小型スーパー CCD ハニカム応用電子内視鏡仕様比較をTable 3に示す。本内視鏡は、本 CCD に対応したプロセッサとの組み合わせによって病変の識別がさらに容易となり、従来の内視鏡レベル以上の画質が期待できる。

Table 3 Specificatin of Endoscope.

	一般検査向け品	超小型 CCD 応用品
挿入部径	φ 9.4mm	φ 5.9mm
視野角	140°	120°
観察深度	5~100mm	3~100mm
湾曲角度	UP 210° DOWN 90°	UP 210° DOWN 90°
	RIGHT 100° LEFT 100°	RIGHT 100° LEFT 100°
有効長	1100mm	1100mm
鉗子口径	φ 2.8mm	φ 2.0mm

## 3. 超小型スーパー CCD ハニカム応用電子内視鏡画像の特徴

### 3.1 処理後の記録画素数としてVGA（640×480画素）を実現

VGAクラスの画素数が再現できることで、極細径といえども一般検査向け内視鏡レベル以上の解像力を満たしている。

### 3.2 高フレームレート実現（60フレーム/秒）

画素を間引くことなく、1画面情報としての全画素を60フレーム/秒で再現可能である。通常のインターレー

スを採用した内視鏡と比較して、静止画像がぶれず、解像力が向上できる。また、動画性能に関しても、ちらつきのない、なめらかな動画像が実現できた。

### 3.3 原色フィルタ採用による良好な色再現

CCD上には、オンチップカラーフィルタとして原色フィルタを採用した。これにより、濁りのない良好な色再現、血管などの描写力もさらに向上させることができる。

### 3.4 低輝度圧縮による暗部輝度の最適化

プロセッサに内蔵する画像処理機能との併用によって、暗部の描写性能が向上できた。遠景の暗さを、画像処理によってコントラストを保ちながら明るい画像として認識を可能とした。これによって、的確な診断と検査のトータル時間軽減が期待できる。低輝度圧縮有無による画像を Fig. 7, Fig. 8 に示す。

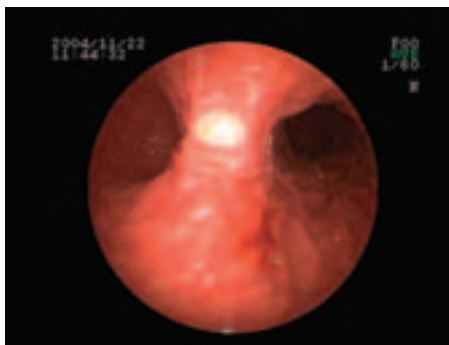


Fig. 7 EG530N Without image processing function.

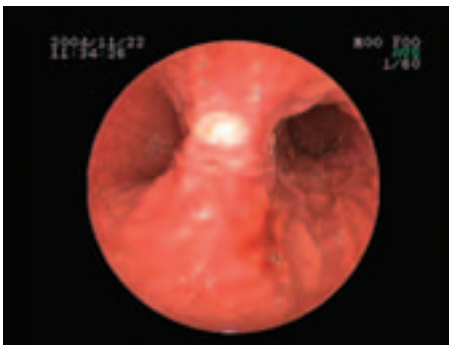


Fig. 8 EG530N With image processing function.

## 4. まとめ

新開発の超小型スーパー CCD ハニカムを用いることで、従来のルーチンスコープと同等の画質を維持しながら、極細径内視鏡の開発を行うことができた。

今後も、本 CCD を用いた内視鏡の展開と、本技術の応用によるさらなる細径・高画質内視鏡の開発を進めていく。

## 5. 謝辞

新規スーパー CCD ハニカムと極細径内視鏡の開発にあたり、多くの方々のご協力と励ましをいただいた。特に、画像調整・評価においてフジノン(株)阿部氏、和田氏にご尽力いただいた。また、素子 CCD のアセンブリにおいて富士写真フイルム(株)前田氏、西田氏にご協力いただいた。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- 1) T.Yamada, et al. A progressive Scan CCD Image Sensor for DCS Applications. IEEE Journal of SOLID-STATE CIRCUIT. 135 (12), DEC. 2000.

(本報告書にある“スーパー CCD ハニカム”, “フジノン”, “FUJINON” は富士写真フイルム(株)の商標です。)