

「東京大学VDEC20周年記念会」
VDEC利用者からの成功事例報告
「アナログ・ミックストシグナル設計」

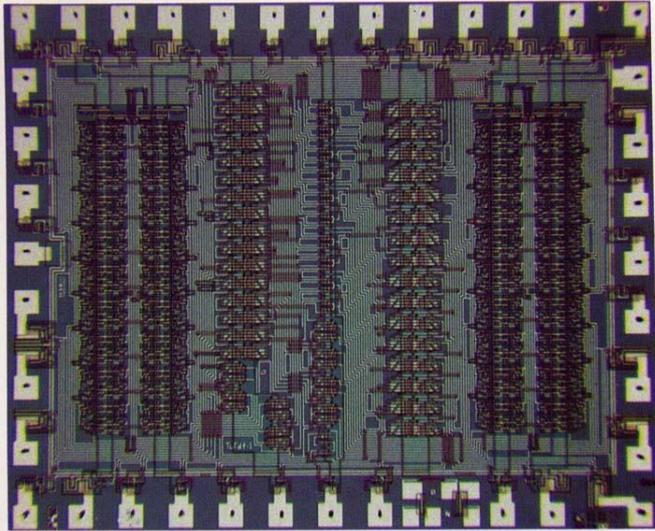
川人 祥二

静岡大学 電子工学研究所

(株)ブルックマン テクノロジ

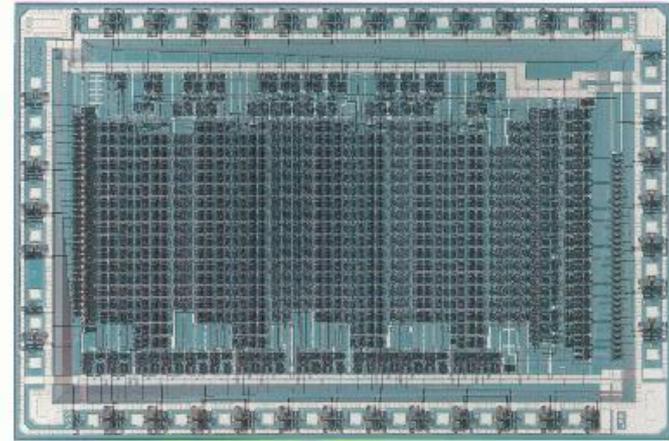
LSI設計の研究の契機

修士課程の研究(1984)



- ・豊橋技術科学大学のクリーンルームでCMOS LSI製造工程確立
- ・日本の大学で初めて作られたLSI (Tr.数:約2000, 5 μ mルール)
- ・心電図解析用デジタルフィルタ
- ・指導: 中村哲郎先生、石田誠先生

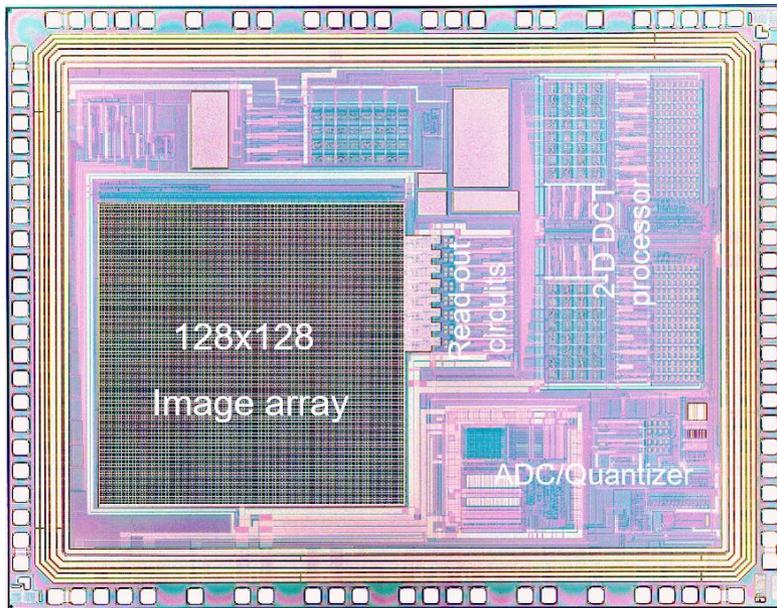
博士課程の研究(1987)



- ・電流モードで動作する
32b x 32b 並列乗算器
(世界初の多値論理LSI)
(Tr.数:約20,000, 2 μ mルール)
- ・東北大学、パナソニック共同
- ・指導: 樋口龍雄先生、
亀山充隆先生

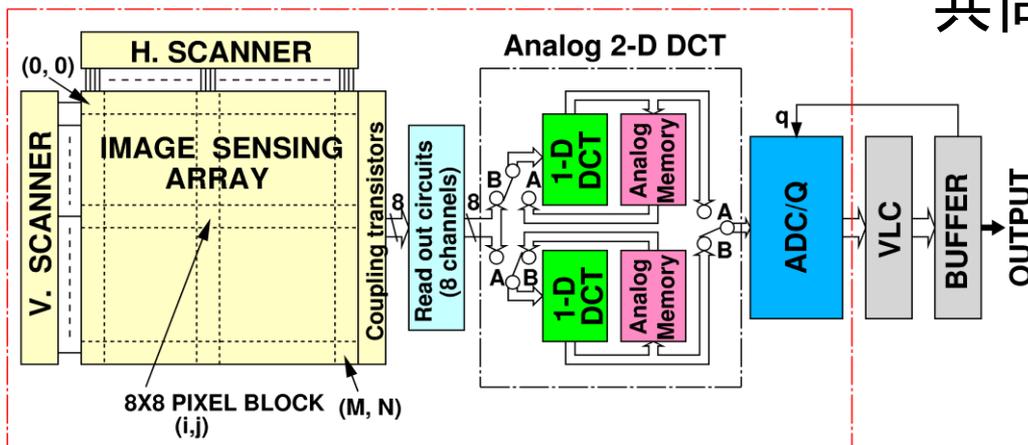
画像圧縮CMOSイメージセンサ

ISSCC '97, JSSC'97



- Double-poly triple-metal
0.35 μm CMOS (5.4 x 4.3 mm²)
- 豊橋技術科学大学とパナソニック
(当時、松下電器)の共同研究
- 当時、パナソニックの研究開発
センター部長の松澤昭先生(現在、
東工大教授)のご配慮により、
共同研究成立、最先端工程で試作

Implemented chip

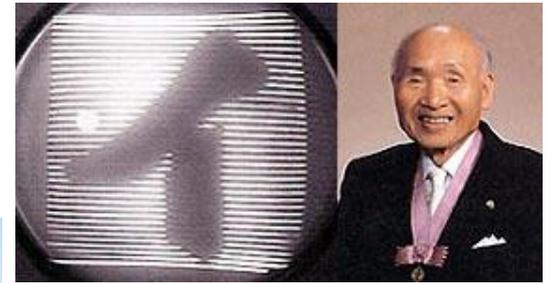


→ 「大学でのLSI設計の研究
育てる」。

→ アナログ回路設計の神髄を
学ぶ。

自己紹介(静岡大学のTV研究との関係)

1926 高柳健次郎先生が、世界で初めて、ブラウン管に、映像を表示(“イ”の字)



(1981年 文化勲章受章時)

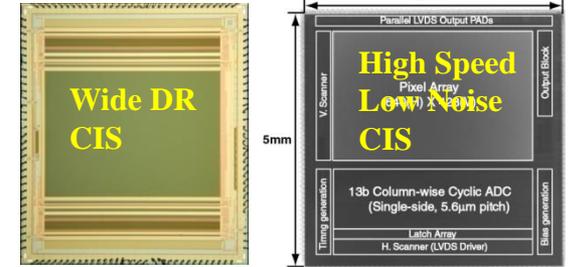
高柳健次郎先生

1965 静岡大学に、電子工学研究所が設立される



1999 静岡大学・電研に赴任。イメージセンサの研究重点化。

2002 文部科学省 知的クラスター
~2011 創成事業にて、広ダイナミックレンジイメージセンサ等開発

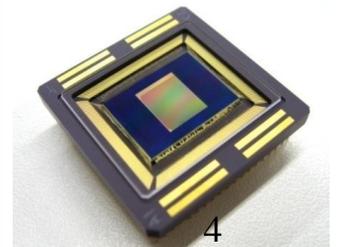


2006 株式会社ブルックマン テクノロジを浜松に設立



BROOKMAN TECHNOLOGY

2011 - 超高感度広ダイナミックレンジイメージセンサ等を製品化

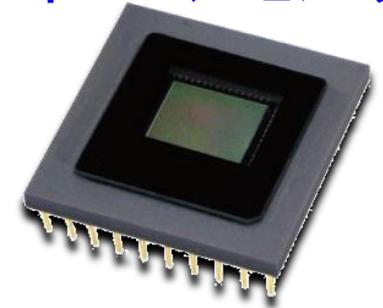




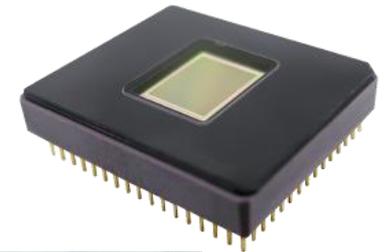
(株);ブルックマン テクノロジ

- 2006年2月設立(第1期知的クラスター創成事業による成果を活用して起業)
- 高性能イメージセンサ設計技術(A/D変換器等)を活用して、デザインハウスとして出発
- 2010年度から、ファブレスベンチャーとして自社製品開発を開始。2012年サンプル出荷。
- 静岡大学から関連特許ライセンス(包括契約)
- 社員等約20名、年商>5億円(2015年度)

高感度・広DR
イメージセンサ



高速・低ノイズ
イメージセンサ

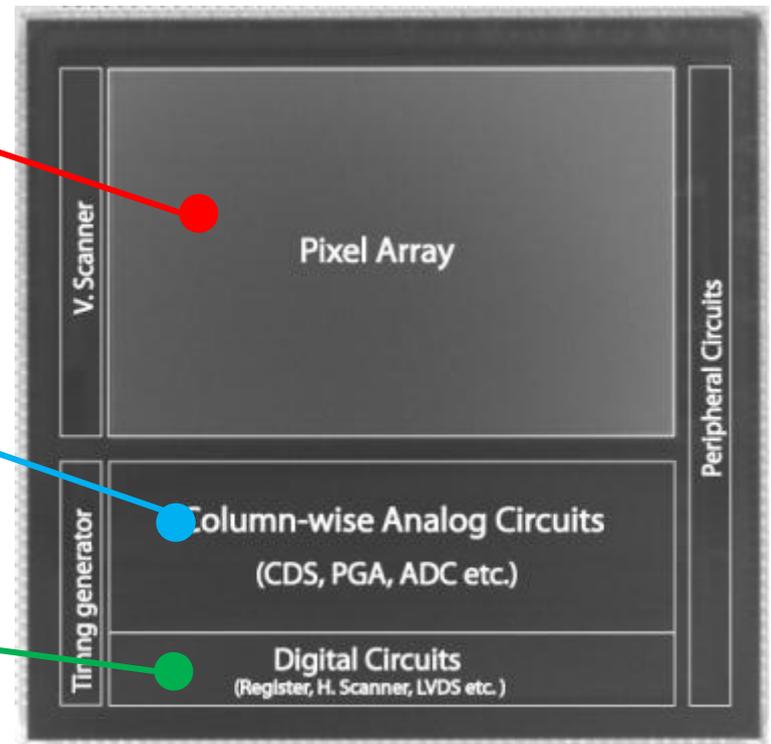


CMOSイメージセンサ の3大構成要素

画素(ピクセル)
デバイス技術・
新機能

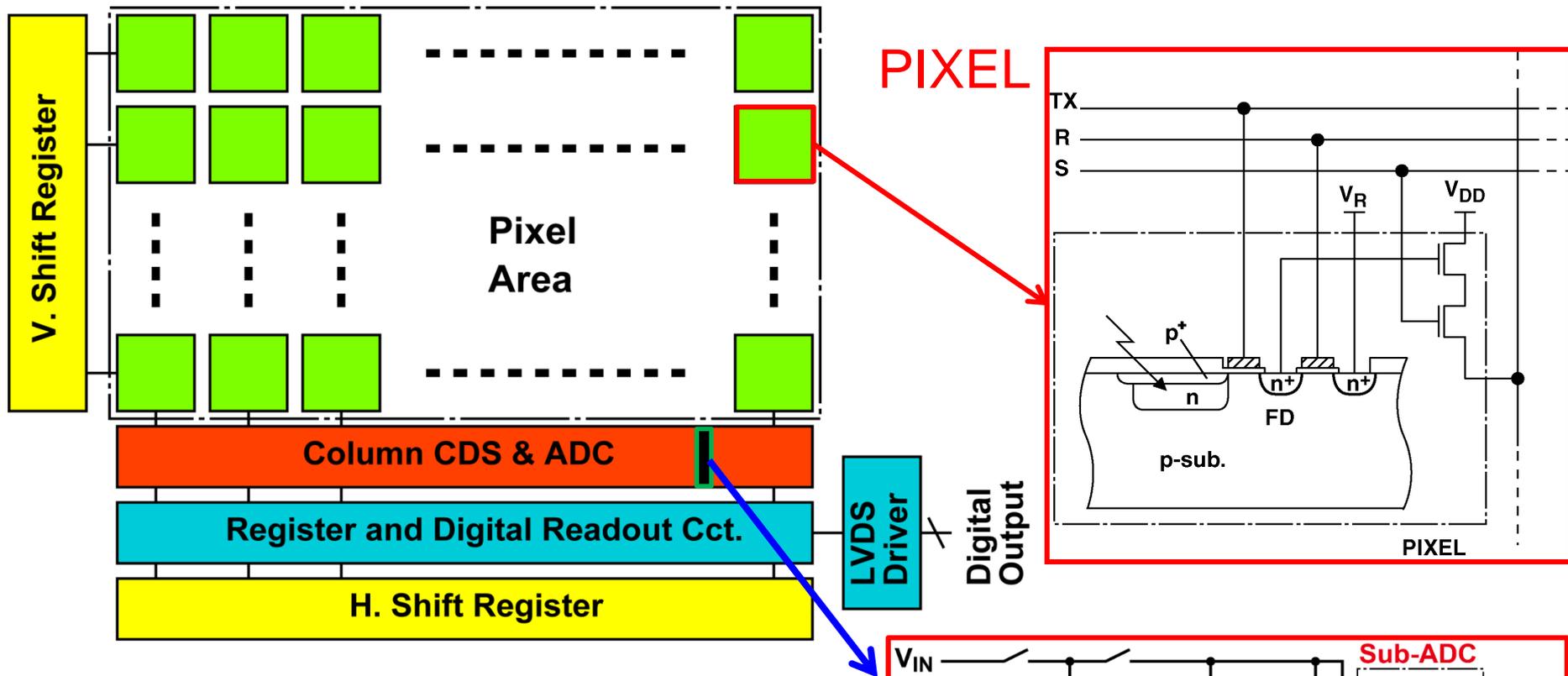
列並列AD変換
低ノイズ回路技術

画像信号処理
新機能回路



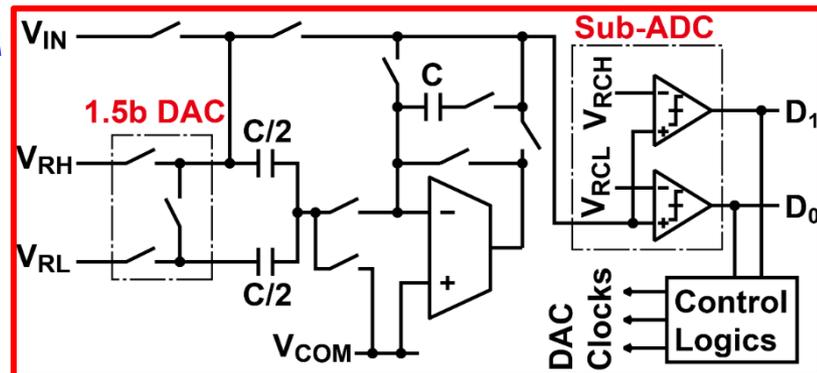
CMOS Image Sensor (CIS)

= Pixel Devices + Column Readout Circuits (ADC)



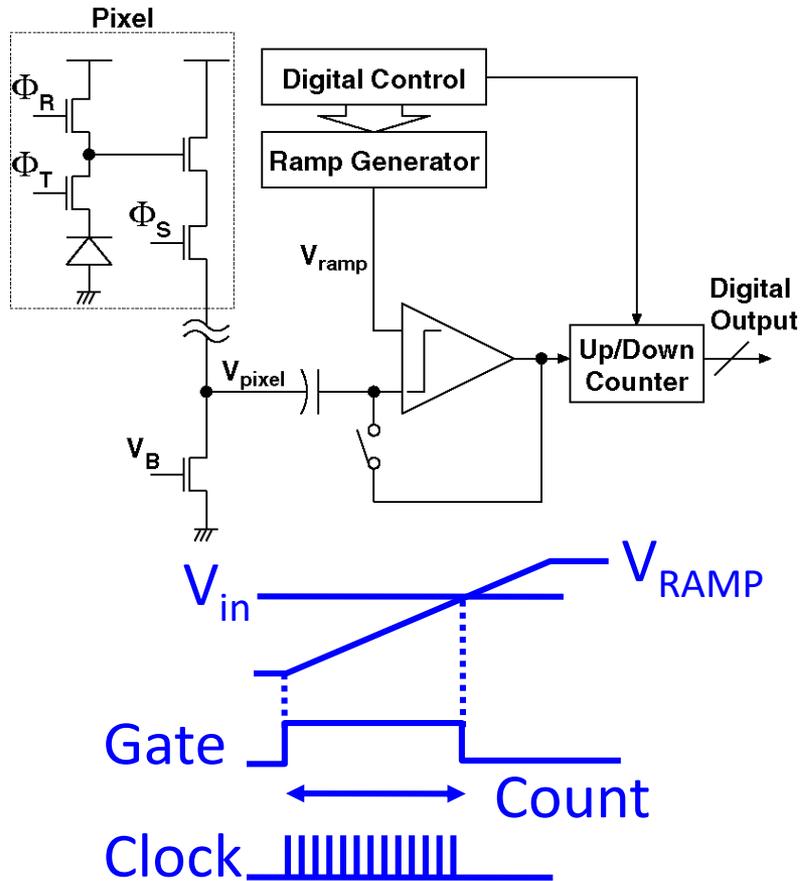
CIS = デジタルセンサ

ADC



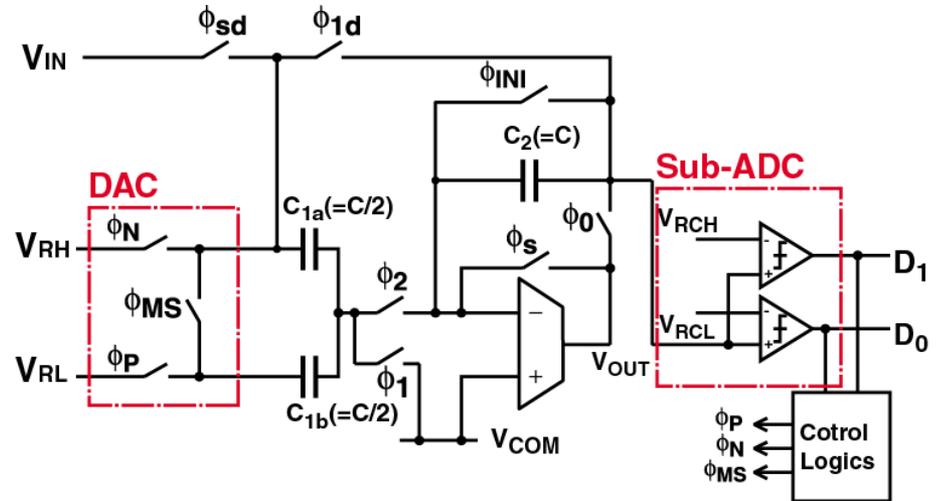
列並列A/D変換

シングルスロープ (Sony等)



- 回路が簡単 ~ 微細画素に適する (1.12 μm 画素)
- 高速と高分解能が両立にくい。
nビットA/D変換 \rightarrow 2^n 回カウント

サイクリック型 (Shizuoka Univ./Brookman Tech.)



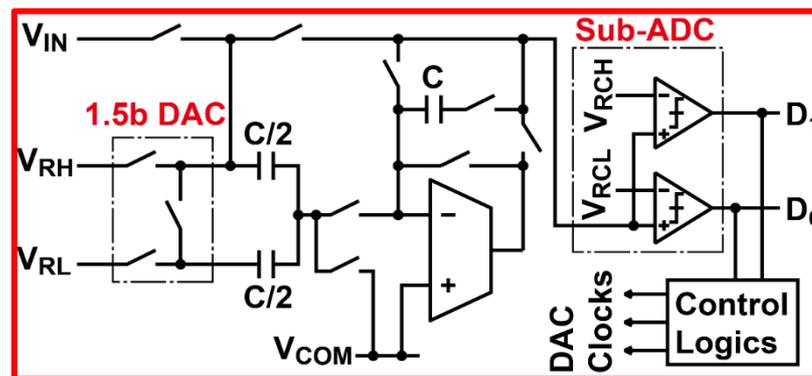
- 回路がやや複雑 ~ 比較的大きな画素 (2.8 μm ~ 画素)
- 高速と高分解能の両立が可能。
nビットA/D変換 \rightarrow n-1回クロック

(例えば)

- 12b ADC (14b ADC) :
 - シングルスロープ: 4096 (16384)クロック
 - サイクリック: 11 (13)クロック

Hyper-bit CMOS (HbCMOS[®]) Technology

～ 静大/BT社オリジナル巡回型ADCを基本要素とした
高速・高分解能カラムADC技術の総称

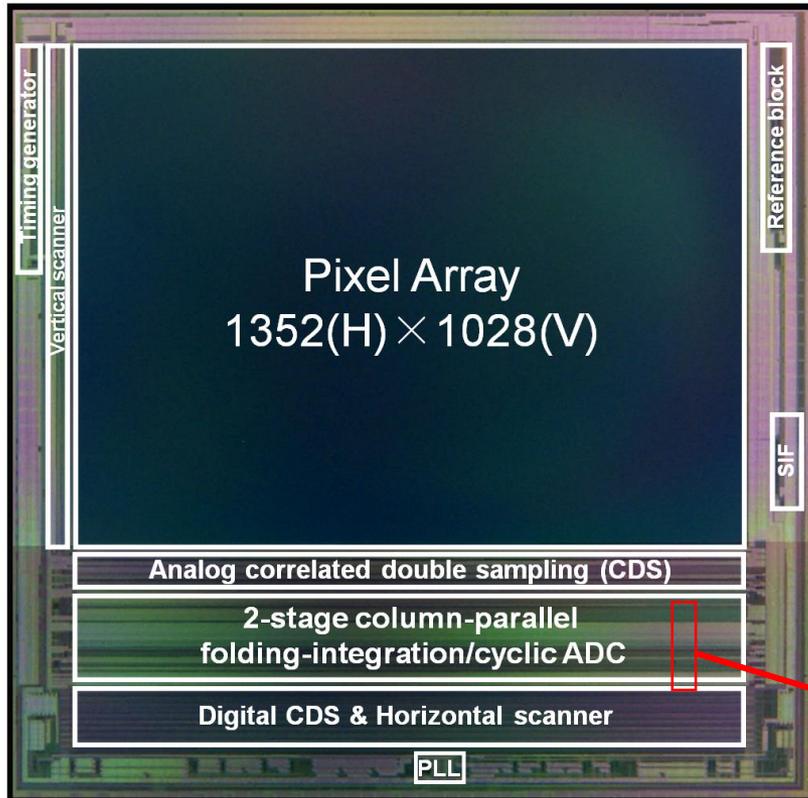


- 電荷再利用サイクリックADC(初の12bカラムADC): ISSCC 2005
- デジタル誤差補正技術(初の14bカラムADC): ISSCC2008
- 小面積シングルエンド型サイクリックADC(13b, 上図): ISSCC2009
- 低ノイズ(<1e-)・高階調(>18b)積分型サイクリックADC: ISSCC2011
- 2段パイプラインサイクリックADC: ISSCC 2012
- 3段パイプラインサイクリック+SAR ADC: ISSCC 2016

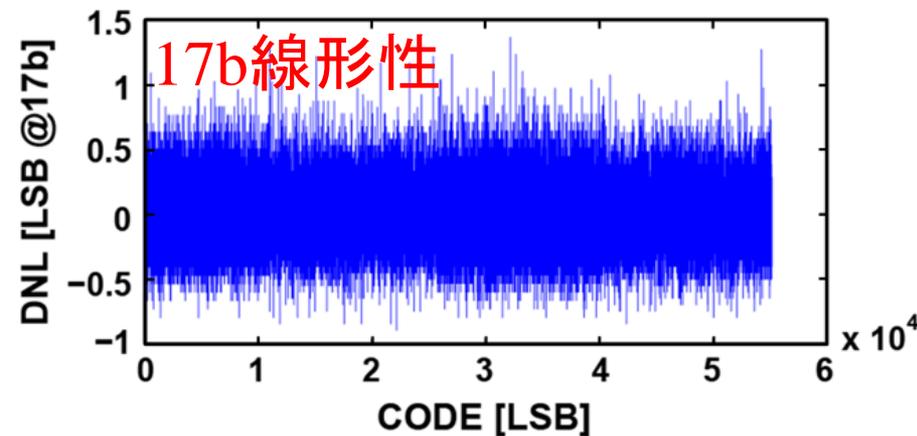
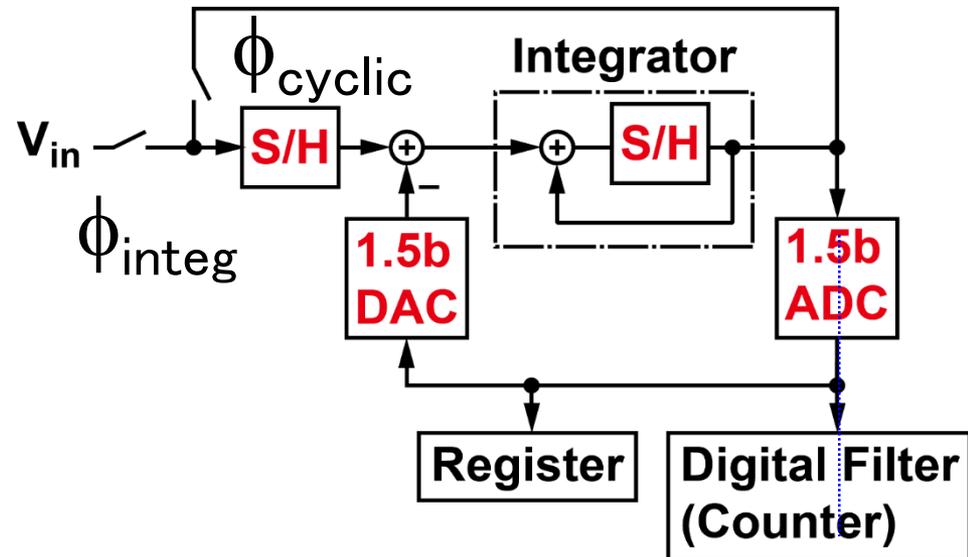
超高感度・広DRイメージセンサ

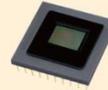
M. W. Seo, et al., ISSCC'11

- 新デジタル撮像技術(折返し積分/巡回型ADC)により、**超高感度**($1e^-$)と**高DR**(>85dB), **高階調**(18b)を同時実現。
- **電源3V, 非冷却可能。**



折返し積分/巡回型ADC



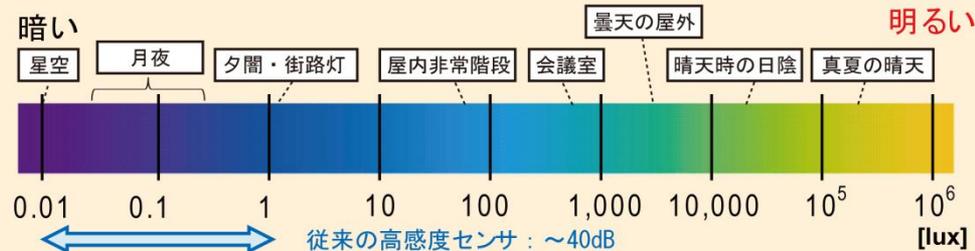


BT130C

超高感度CMOSイメージセンサ

■特長

- "CMOS"で電子増倍型CCD (EM-CCD) に匹敵する感度を達成
- フォールディング積分による高感度特性と広ダイナミックレンジの両立
- 小型/低消費電力 カメラシステムの実現



月あかり
**BT130C (CMOS)
> 80dB**

月あかりでもこの明るさ↓



50lux



0.11lux

超高感度カラー撮像例 (30fps動作時)



1lux

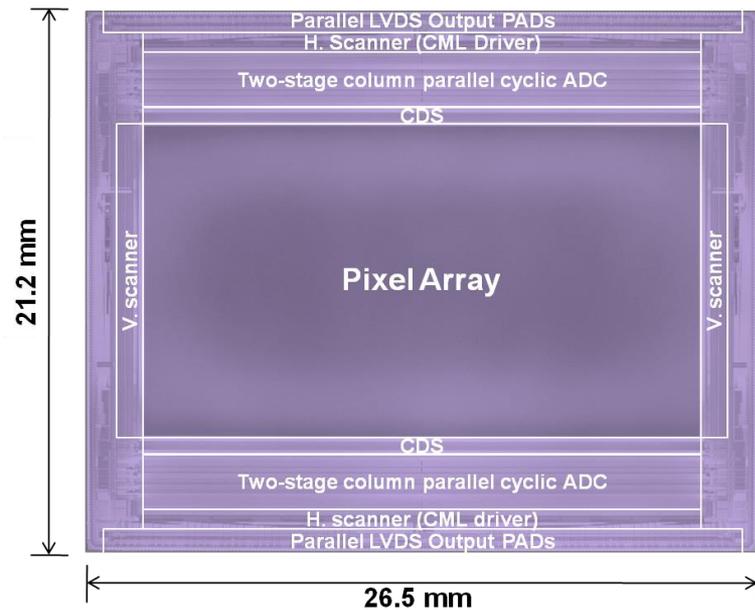
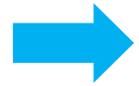


スーパーハイビジョン用 超高精細高速撮像素子

Direction of
movement



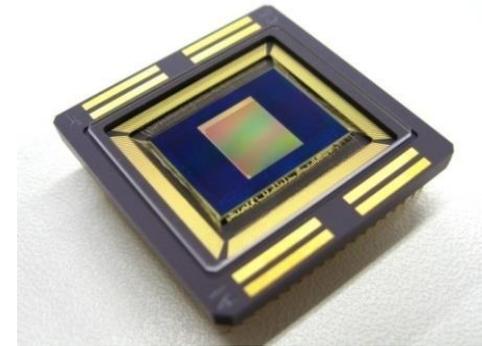
Direction of
movement



T. Watabe, et al., ISSCC'12

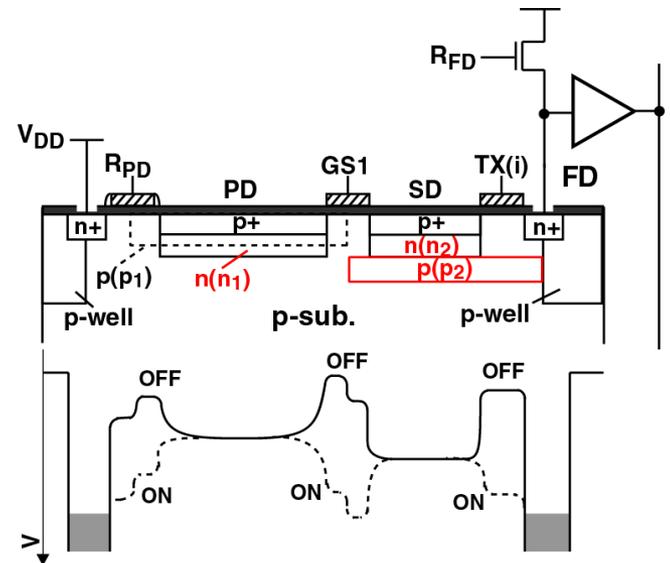
- ・ハイビジョン用撮像素子(33M)で最高速度となる120fpsでの撮像
- ・新方式A/D変換技術により、従来の高精細高速撮像素子(18M, 120fps, 3W)に比べて、消費電力を大幅低減(33M, 120fps, 2.5W)

Capture the moment “Clearly” and “Sharply”



2000fps 13.Mpixel 12b CIS

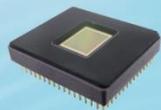
New Low-Noise
Global Shutter Pixel



An example of High Speed Image
BT130A (Low Noise Global Shutter)
K. Yasutomi et al., ISSCC 2010,



BT130A



グローバルシャッター



撮影協力：掛川花鳥園

ハイスピードカメラ、マシンビジョンに
必須のグローバルシャッター機能

■アプリケーション■

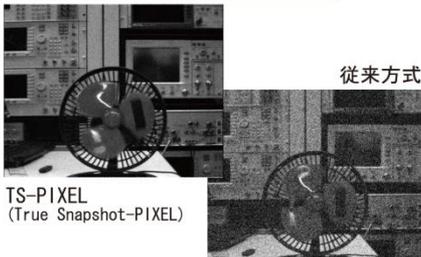
- ・ハイスピードカメラ
- ・FA用カメラ
- ・セキュリティカメラ
- ・科学計測用カメラ

高速度撮影



TS-PIXELと高速高分解能サイクリックAD
変換器により高解像度、高速度撮影が可能
フレームレート:2000fps@1.3M/12bit

低雑音画素回路



従来方式

TS-PIXEL
(True Snapshot-PIXEL)

当社独自の電子シャッター方式を採用した
画素回路(TS-PIXEL)による低雑音撮像
性能
入力換算ノイズ:従来の1/10電子(当社比)

高感度性能



2000fps@730lux

高速度撮影でも大がかりな照明が不要の
高感度性能

知的クラスタ事業で基礎開発



JST, A-STEP(H21-H23年度)で、
高速度イメージセンサとして
製品開発



ブルックマン テクノロジにて
サンプル出荷開始(H24年度)

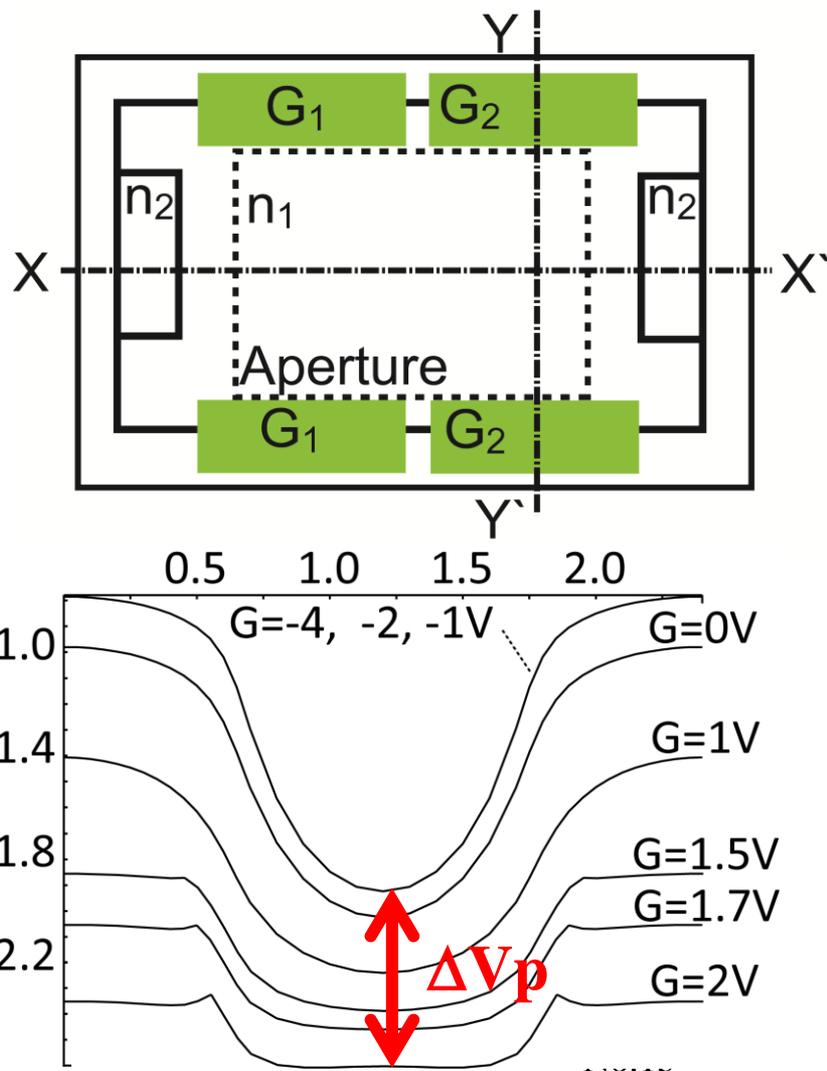
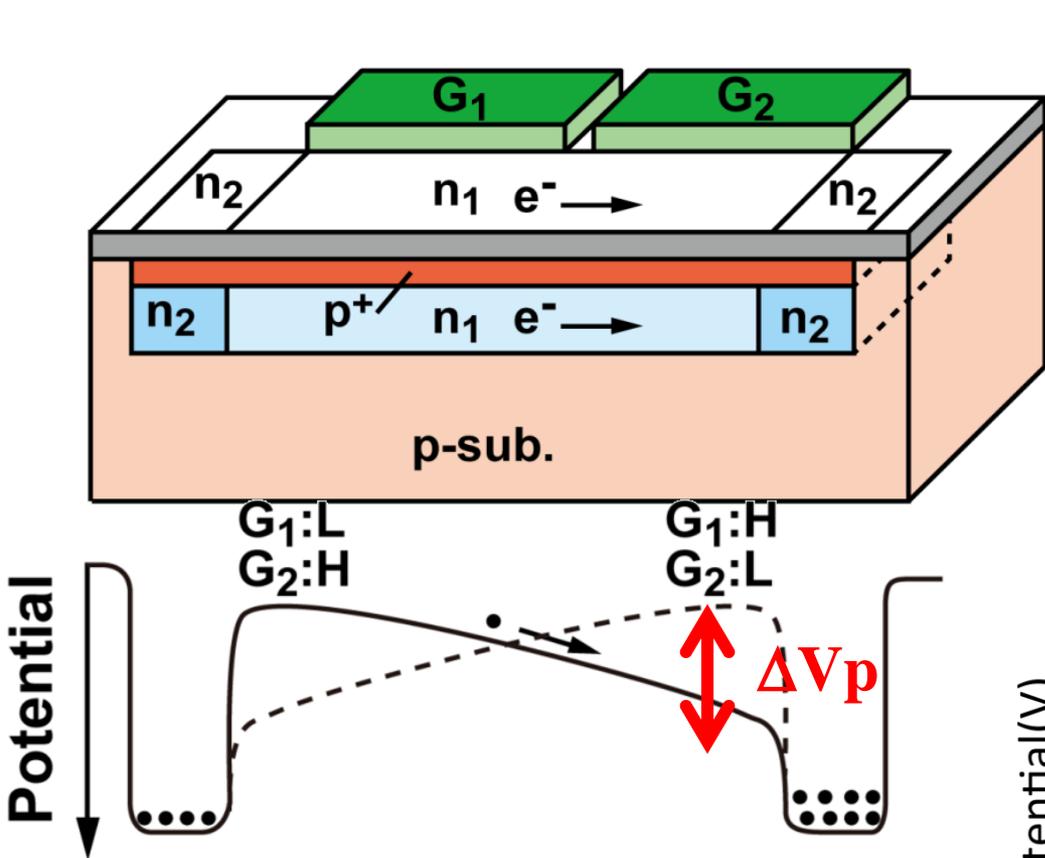
- 1.3M(1280x1024)画素
- 最高 2000fps
- ノイズ 7電子
(330k画素, 8000fpsも
同時開発)

株式会社ブルックマン テクノロジ

〒430-0936
静岡県浜松市中区大工町125大発地所ビル10階
Tel: 053-482-7741 Fax:053-482-7742
URL: <http://brookmantech.com>

ラテラル電界制御電荷変調素子(LEFM)

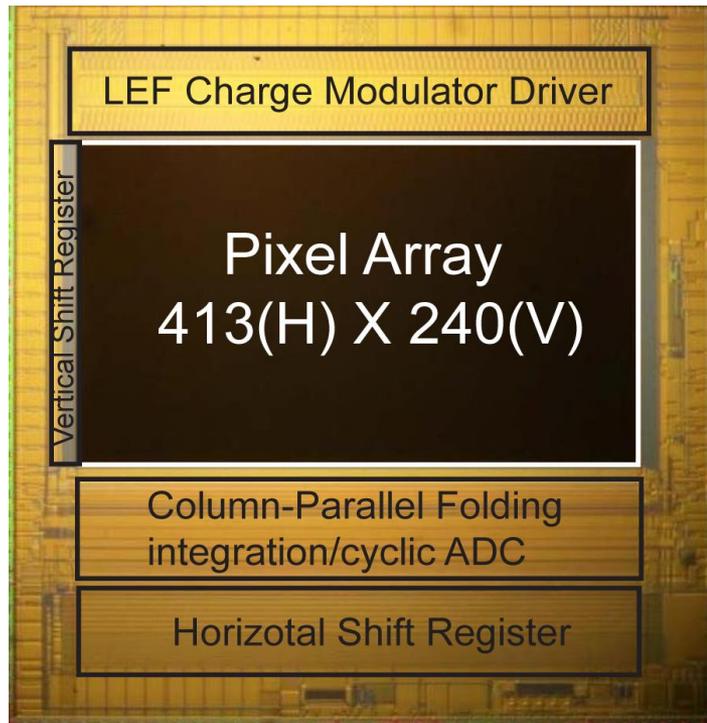
～第三の単一電子高速輸送制御原理～



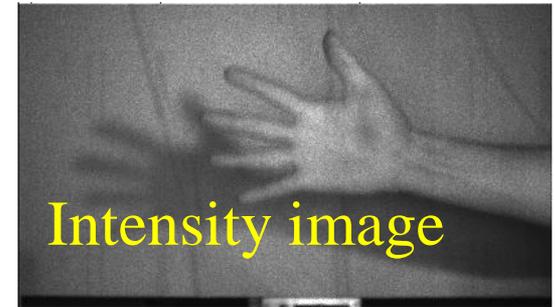
S. Kawahito, et al. IISW 2013

基本構造の研究～科研費、基盤研究(S)で実施(H25～H29)

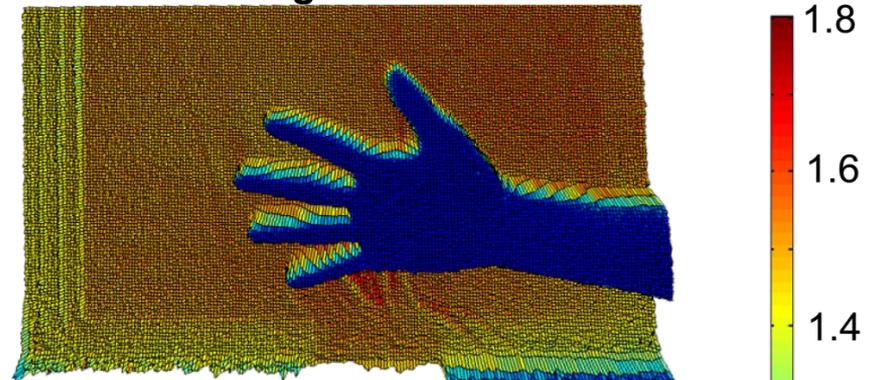
光電荷変調素子LEFMを用いた TOF(time of flight)距離画像センサ



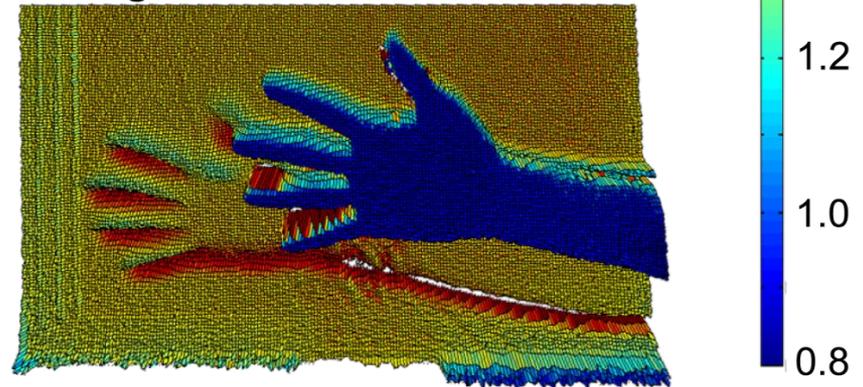
Range resolution @ 1.3m
0.5cm (w/o BG)
1.5cm (w/ BG 4000lx)



In Pixel Cancellation

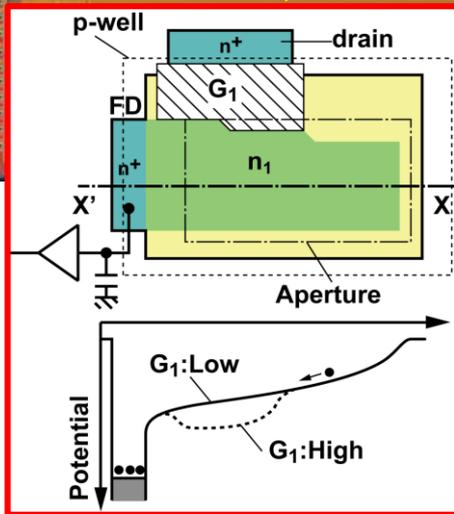
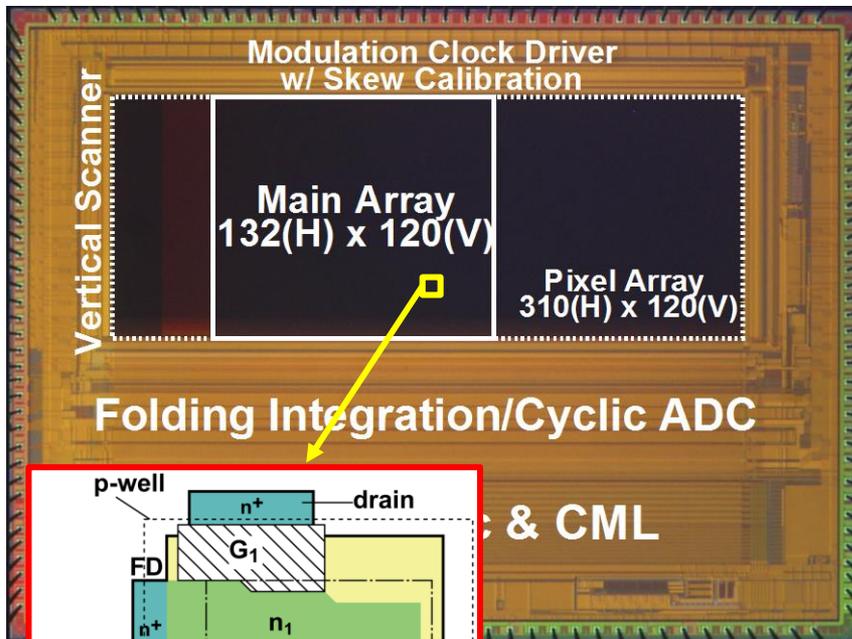


Cancelling with two consecutive frames

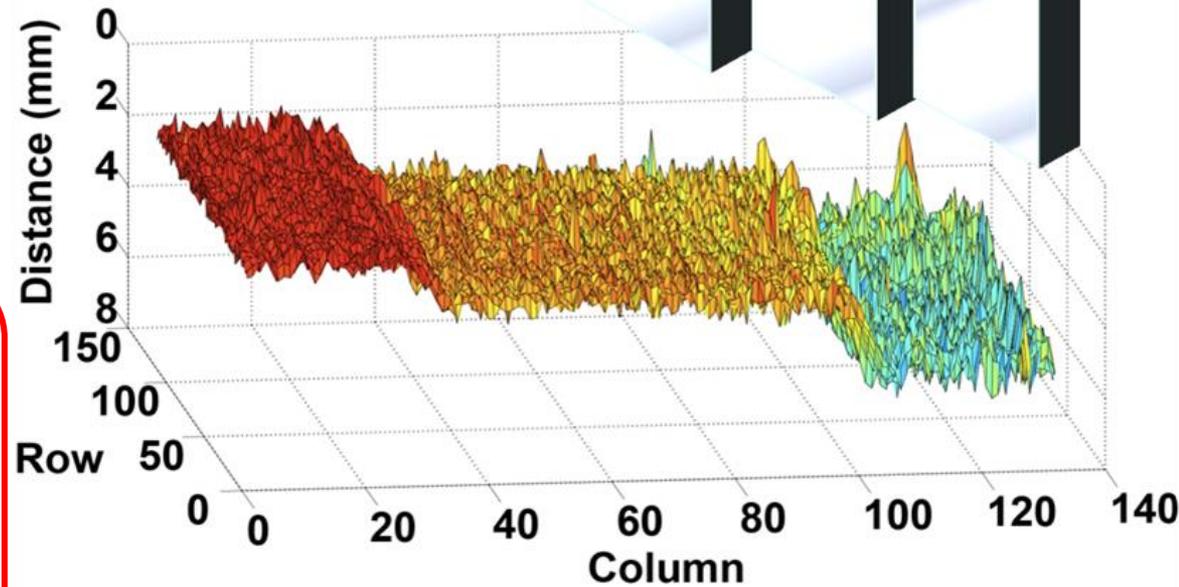
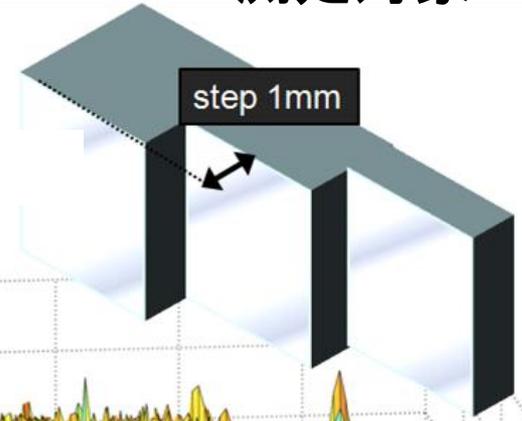


世界初のサブミリメートル 分解能半導体ToFセンサ!

K. Yasutomi et al., ISSCC'14



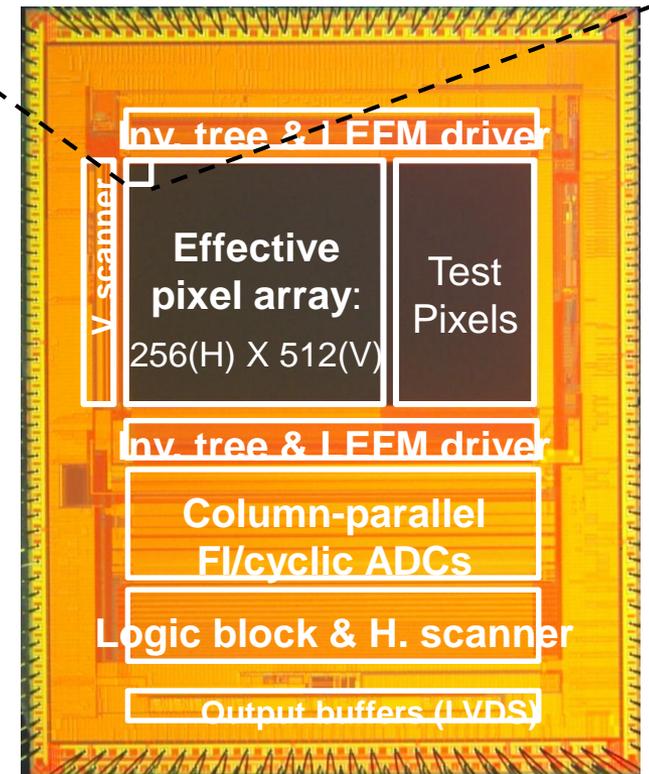
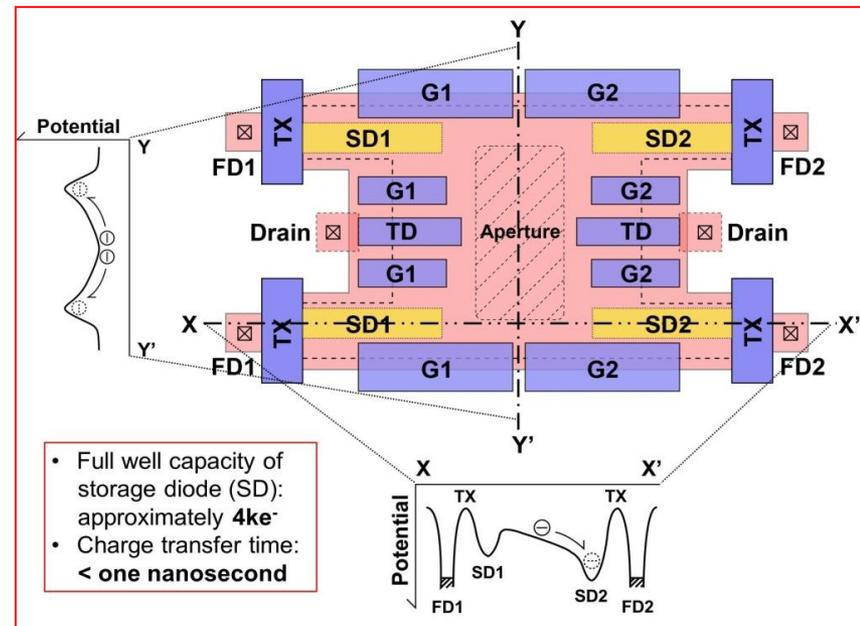
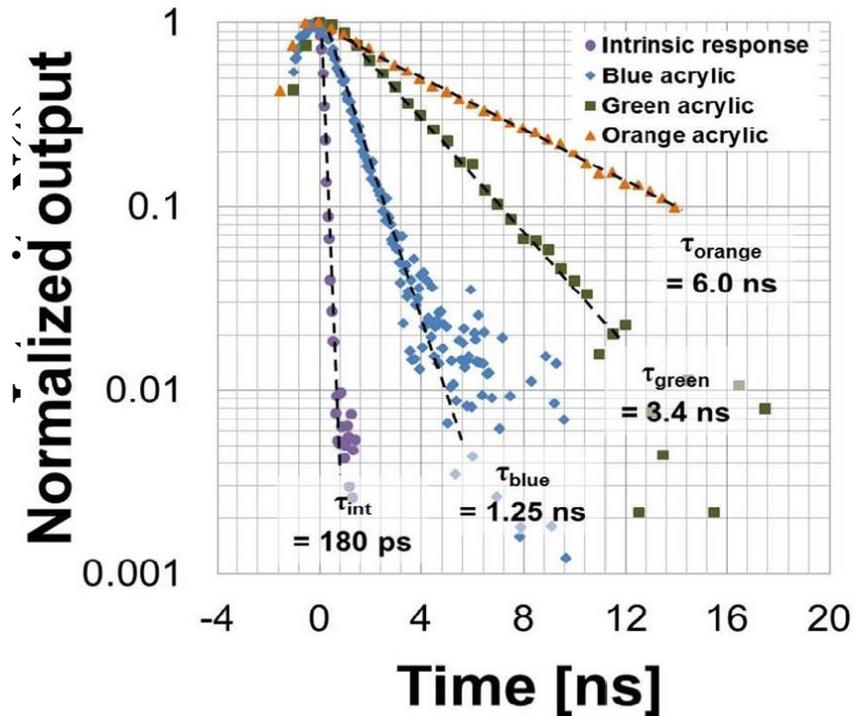
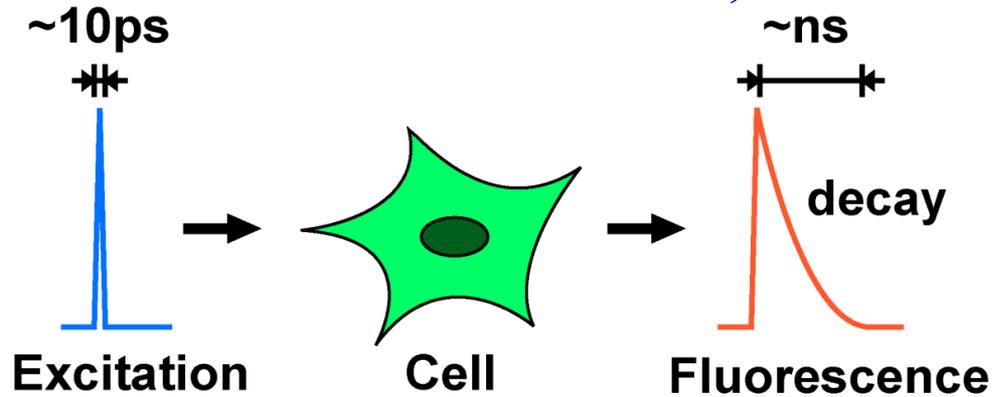
測定対象



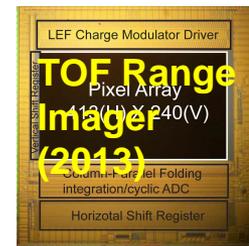
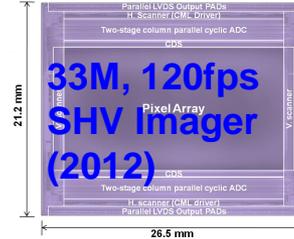
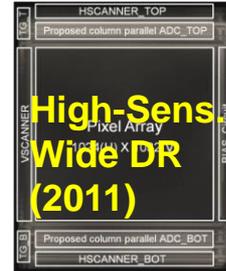
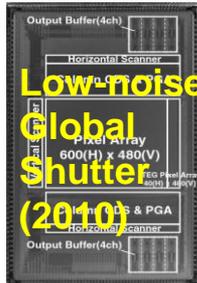
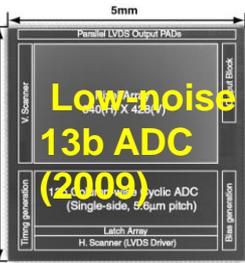
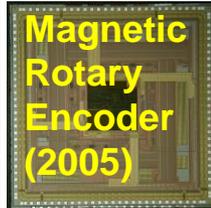
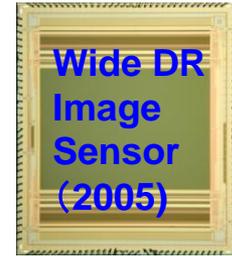
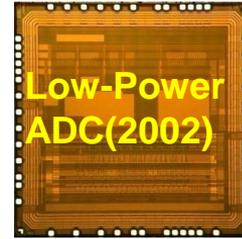
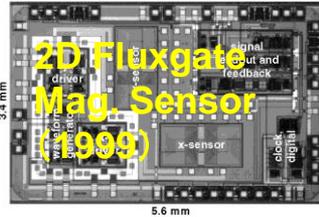
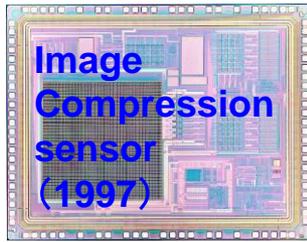
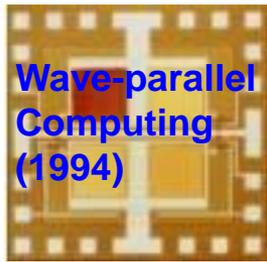
光飛行時間(ToF)法をもちいた半導体(CMOS)センサで、初めてサブミリ(σ=0.3mm)を実現。

蛍光寿命イメージセンサ

M. W. Seo et al., ISSCC'15



ISSCCで発表したイメージセンサ等の論文



Rank	# of papers	Researcher	Organization
1	13	S. Kawahito	Shizuoka Univ. (Japan)
2			
3			
4	過去15年間のイメージセンサ発表論文数 (2001-2015) :13件		
5			
6			
7			
8			
9			

過去15年間のイメージセンサ発表論文数 (2001-2015) :13件

イメージセンサに限れば、第1位

総数20編(うちCIS16編)

VDECの利用

- 研究室に配属された、新4年生等へのLSI設計の導入プログラム(VDECツール使用)
- センサ、基本アナログ、ミックストシグナル回路の設計と試作(基礎研究)。→ 基礎的な研究の成果を発表する学会にて成果発表。(試作サービスとVDECツール使用)
- 試作のための専用Fabが必要な大規模CISチップの基礎研究プロジェクト。(VDECツール使用)

イメージングデバイス研究室
(Imaging Devices Laboratory)



オリエンテーション & 研究計画2016

2016年5月12日

CAD(EDA)ツールの使用方法について

本研究室で利用可能なCADツールには、2種類のライセンス形態がある。

(A) 正規料金で購入し、導入したツール

(B) VDEC（東京大学大規模集積システム研究教育センター）に導入され、これをネットワーク経由で使用するツール（アカデミックライセンス）
VDECライセンスを使用した研究発表、論文は謝辞を必ず入れる。

(C) 研究室が直接VDECベンダーと契約して購入したアカデミックライセンスツール

(B), (C)については、教育機関に所属する、教官または学生のみが使用でき、その使用目的も、学生の教育と学術研究のみに限られている。

本研究室では、民間企業との共同研究も行われているが、アカデミックライセンスの使用法として許される範囲を越えて使用することがないように、ツールの使用方法については細心の注意を払い、以下のように規定する。

- ・民間企業から派遣されている研究者は、(A)のみを使用する。
- ・民間企業との共同研究テーマに関係したチップ試作に関わるものを設計する場合は、原則として(A)のみを使用する。
- ・新人のCADの演習、自己の設計技術力の向上、純粹に学術的研究と考えられるテーマの場合、または自己の興味に基づく研究の目的の場合(B) (C)を使用して良い。
- ・判断に迷ったら、指導教員に相談する。

なお、アカデミックライセンスに対する規定に違反した場合、特に、VDECのツールに関して問題が生じると、全国の大学に迷惑をかける。各位の注意をお願いしたい。

まとめ

(VDEC利用者からみたVDECのこれまでの 貢献と今後への期待)

1. VDECによって、LSI設計の研究が、大学等におけるアカデミックな研究の一分野として“市民権？”を得た。
2. VDECによって、日本の大学がISSCCを初めとするLSI設計の世界的学会で、活躍する土台ができた。世界で闘える若手のリーダーが生まれた。
3. VDECによって、日本から半導体ベンチャーを生み出す土壌が形成された。
4. VDECは、日本の半導体産業の躍進のシンボルである。VDECがリードする姿を、全国の大学、企業に見せ続けなければならない。

謝辞

- VDEC設立、運営に貢献された浅田邦博先生、池田誠先生(東京大学VDEC)を始めとするご関係するすべての大学の先生方、文部科学省、企業の皆様に深く御礼申し上げます。
- LSI・センサの研究について、ご指導いただいた、豊橋技術科学大学、故中村哲郎先生、石田誠先生、東北大学、樋口龍雄先生、亀山充隆先生、故大見忠弘先生、江刺正喜先生に感謝いたします。
- ISSCC等での発表論文は、LSIチップの設計を実際に担当された研究室の学生や研究者、共同研究企業の研究者の皆様の熱意のためものです。その熱意と努力に敬意を表し、御礼申し上げます。
- 共同研究者の静岡大学、安富啓太先生、徐珉雄先生、香川景一郎先生、寺西信一先生、袴田正志先生に感謝いたします。
- 本研究の成果は、以下の研究助成・共同研究等によるものです。
 - MEXT知的クラスター創成事業('02-'11), NEDO('02-05), JST A-STEP ('09-'11), AMED 産学共創('12-'17), COI STREAM('13-), JSPS 科研費, 特定領域('01-'02), 基盤(A)('04-06, '07-09), 基盤(S)('13-), 新学術('13-), 東北大学電気通信研究所, NHK放送技術研究所, STARC, パナソニック(株), ソニー(株), ヤマハ(株), シャープ(株), (株)豊田中央研究所, NTN(株), アズビル(株).