

# KONSEP KAMERA CMOS : PIXELS

Eri Prasetyo W.\*

\*Staff Pengajar Universitas Gunadarma

\*Mahasiswa S3 pada Laboratorium E2I(Electronique, Informatique et images)

Universitas Bourgogne - France

Email : [prasetyo@u-bourgogne.fr](mailto:prasetyo@u-bourgogne.fr)

Kata Kunci : CMOS, Pixel, Photodiode, Resolusi, Semikonduktor

## ABSTRACT

Dalam perkembangan teknologi sensor CMOS, memungkinkan membuat satu chip kamera digital. Di dalam paper dibahas tentang dasar operasi, konsep dan model desain sensor CMOS.

## 1. PENDAHULUAN

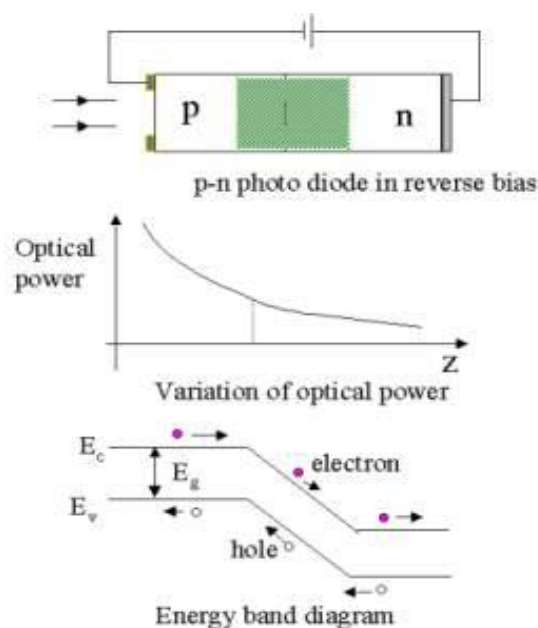
Sebelumnya, CCD merupakan satu-satunya sensor image yang digunakan didalam kamera digital. Mereka telah dikembangkan untuk digunakan pada kamera astronomi, video cam, scanner. Pada perkembangan sekarang telah muncul teknologi baru yaitu sensor CMOS.

CMOS merupakan kepanjangan dari **Complementary metal-oxide semiconductor**, dengan arsitektur seperti kebanyakan pada CPU dan modul memori. High performance dari sensor image CMOS dengan menggunakan arsitektur aktif pixel, telah diujicoba pada *NASA's jet Propulsion Laboratory* di Pasadena, CA.

Kamera CMOS mempunyai konsumsi energi lebih rendah dibanding CCD, juga mudah diproduksi dan lebih murah, teknologi CMOS membantu mengkombinasi fungsi on-chip pada kamera[1].

## 2. DASAR OPERASI

### A. Photocurrent



Gambar 1. Photodiode dengan bias balik

Operasi dasar dari kamera cmos adalah photocurrent , yaitu cahaya sebagai sumber arus. Daerah sensitif cahaya dalam kamera CMOS pixel adalah p-n junction dioda yang beroperasi pada bias balik. Cahaya membangkitkan sebuah photocurrent , sehingga menaikkan arus saturasi balik dari dioda. Besarnya photon yang memberi kontribusi ke photocurrent ditentukan oleh [2]:

- Daya serap semikonduktor (Semiconductor absorption length) ,  $\ell(\lambda)$
- Ikatan energi semikonduktor
- Kemampuan pancar dari permukaan semikonduktor

Penyerapan flux cahaya,  $I$ , intensitas ambang  $I_o$ , digambarkan sebagai berikut :

$$I = I_o e^{-x/\ell(\lambda)} \quad (1)$$

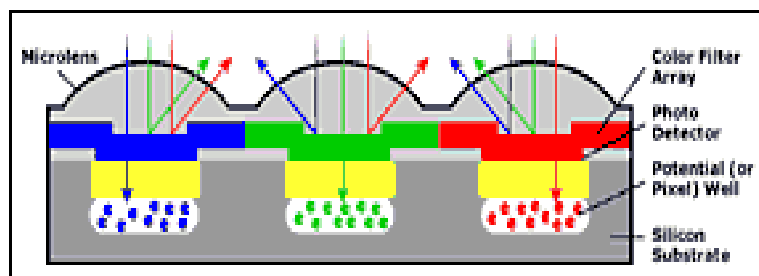
dimana  $x$  adalah jarak perpindahan ke dalam semikonduktor.

Photon yang mempunyai panjang gelombang pendek mempunyai energi lebih tinggi dari photon dengan panjang gelombang yang lebih panjang dalam kemampuan penyerapan menutupi permukaan semikonduktor. Untuk bisa diserap oleh semikonduktor, sebuah photon harus mempunyai cukup energi untuk membangkitkan sebuah pasangan elektron-hole, membangkitkan sebuah elektron valensi pada ikatan konduksi. Perubahan minimum didalam energi potensial didefinisikan sebagai celah energi (energy gap ) semikonduktor.

### B. Refleksi Permukaan

Sebelum sebuah photon dapat membangkitkan sebuah pasangan elektron-hole, dia harus melewati udara dipermukaan layer ke silikon. Ketebalan dari oxide film pilihan secara subtransi dapat menambah daya pancar diatas riak gelombang (waveband) standar. Sebagai contoh , penambahan tebal gate-oxide dari 0.1 mikron ke 0.18 mikron menambah daya pancar hampir 50 %.

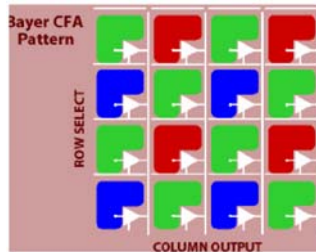
### C. Koleksi Cahaya dan Filter Warna



Gambar 2. Koleksi cahaya dan Filter warna ke dalam pixel

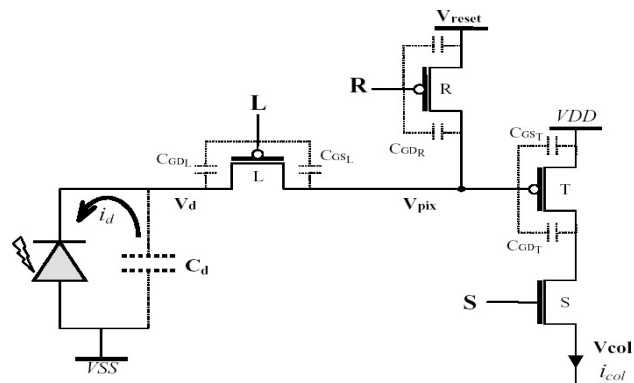
Photon melewati sebuah *color filter array* ( *CFA* ) , dimana proses mulai mendapatkan warna dari monokrom chip. Hasil keluaran warna dari sensor dapat untuk mengukur photon merah (R), hijau (G) dan biru (B). Untuk mengerjakan tersebut , setiap pixel ditutup dengan filter warna merah, hijau atau biru dengan model yang spesifik seperti *model Bayer CFA*, terlihat seperti gambar 3 . Setiap pixel

menjadi sangat sensitif hanya untuk satu warna, dimana Sensitifitas global adalah lebih rendah dari sebuah sensor monokrom.



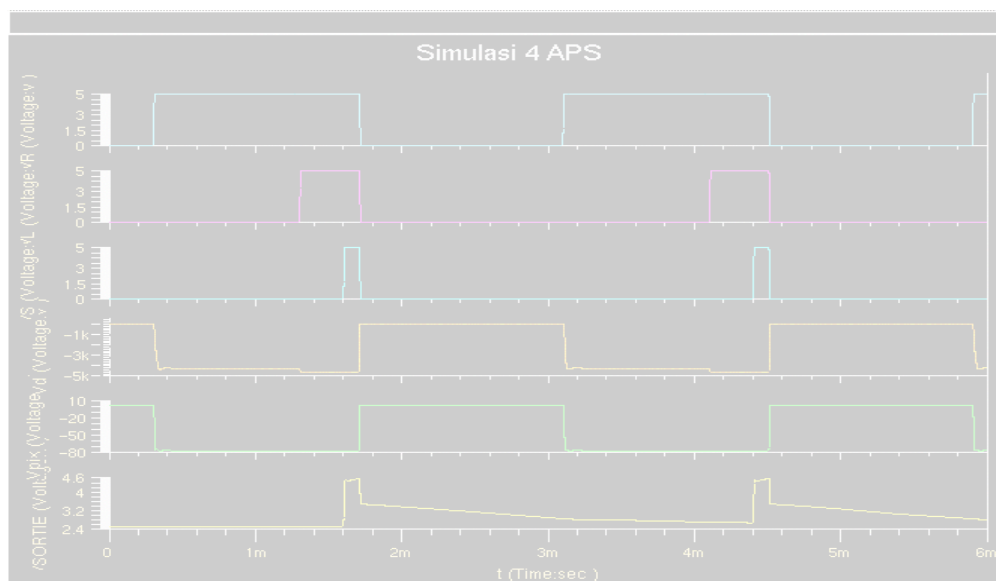
Gambar 3. Bayer Color Filter Array

D. Aktif Pixel Sensor[3]



Gambar 4. Skema APS dengan 4 transistor

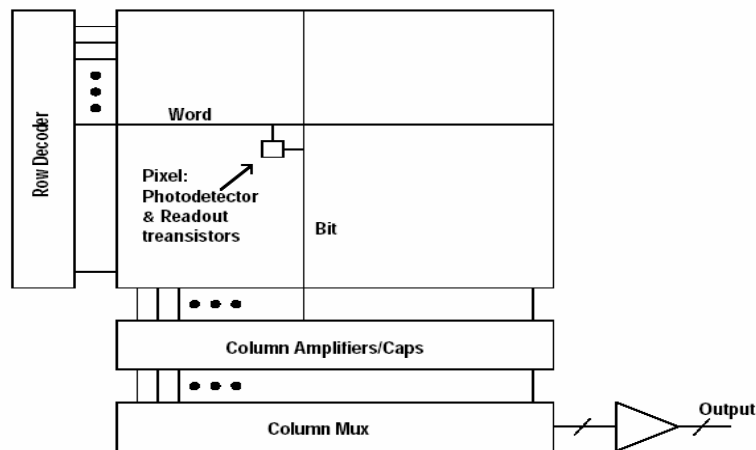
Skema pada gambar 4, adalah skema aktif pixel sensor dengan 4 transistor, yaitu transistor L untuk mengatur waktu integrasi, transistor R adalah transistor reset, untuk mengatur interupsi. Transistor yang ke tiga, transistor T memungkinkan untuk mengisolasi signal yang dikirim dari photodiode ( $V_d$ ,  $V_{pix}$ ), dari matrik kolom, dan mempengaruhi besarnya arus yang dilewatkan pada kolom matriks. Satu transistor S, untuk menyeleksi ( switch ) arus ke kolom matriks.



Gambar 5. Hasil simulasi pembacaan pixel.

Hasil simulasi pada rangkaian gambar 4, bisa dilihat pada gambar 5. Pada saat  $\Phi_R$  dalam kondisi tinggi dan  $\Phi_L$  dalam kondisi rendah, maka integrasi mulai berjalan sampai kondisi  $\Phi_L$  tinggi, artinya transistor L dalam kondisi terbuka sehingga tidak mengalirkan arus dari photodiode. Antara waktu kondisi naiknya  $\Phi_L$  dengan kondisi naiknya  $\Phi_S$  disebut dengan waktu limit. Pada saat kondisi transistor  $\Phi_S$  naik yang berarti waktu pembacaan satu pixel dimulai dan berakhir dengan turunnya  $\Phi_R$  dari kondisi tinggi ke rendah, transistor R dalam kondisi tertutup sehingga transistor reset melakukan fungsi reset dan kembali ke kondisi  $\Phi_R$  tinggi untuk mulai bekerja pada siklus berikutnya.

### 3. CMOS IMAGE SENSOR

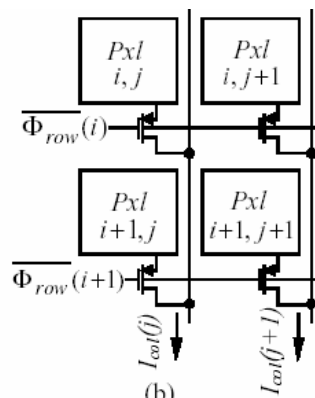


Gambar 6. Blok diagram test chip aktif pixel matriks

#### A. Dekoder Baris

Merupakan rangkaian logic yang bekerja untuk memilih / seleksi posisi baris pembacaan pada matriks pixel. Misal untuk mengaktifkan matriks 8x8 pixel maka diperlukan dekoder 3-8 dengan pengalamatan dari 000 sampai 111.

#### B. Matriks Aktif Pixel

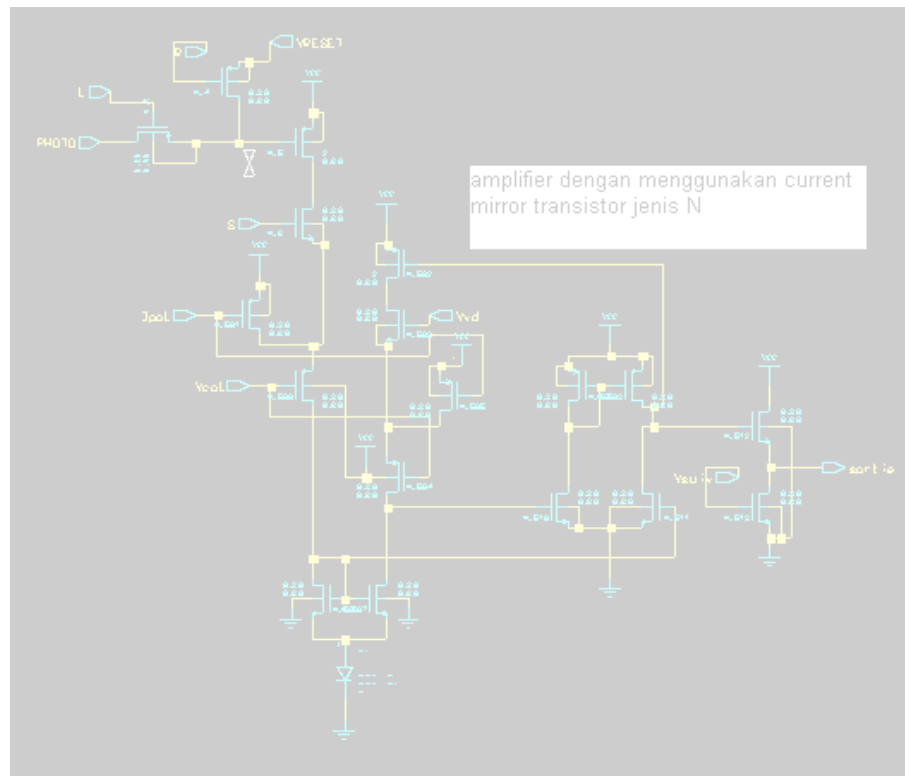


Gambar 7. Matriks pixel 2x2

Dalam matriks 4 pixel, pixel kiri atas adalah pada posisi baris ke  $i$  dan kolom ke  $j$ . Ketika resolusi maksimum (1x1), setelah periode integrasi, baris mulai diaktifkan untuk pembacaan (readout) pada waktu yang pertama.  $\Phi_{row(i)}$  adalah

enable yang pertama dengan arus keluaran  $I_{col(j)}$  dan arus keluaran lainnya adalah  $I_{col(j+1)}$ . Setelah evaluasi dan konversi kolom output,  $\Phi_{row(i)}$  inaktif pada baris ke  $i$  dan  $\Phi_{row(i+1)}$  mulai aktif dan mulai melakukan pembacaan. Ketika resolusi 2x2 untuk resolusi yang lebih rendah, kedua baris diaktifkan secara bergantian dan arus keluaran kemudian dijumlah untuk masing-masing pixel yang aktif pada setiap kolom ( $I_{col(j)} = I_{pxl(i,j)} + I_{pxl(i+1,j)}$  dan  $I_{col(j+1)} = I_{pxl(i,j+1)} + I_{pxl(i+1,j+1)}$ ).

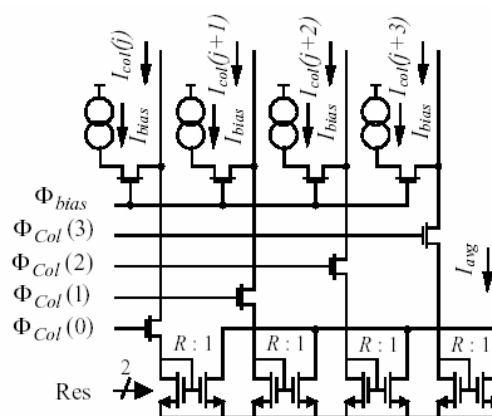
### C. Amplifier Kolom



Gambar 8. Skema rangkaian amplifier kolom

Amplifier kolom berfungsi untuk menguatkan arus dari kolom matriks pixel.

### D. Kolom Multiplexer Arus [4]



Gambar 9. Skema Multiplexer

Dari gambar 9, kita bisa melihat dua kejadian, yang pertama memilih kolom atau group kolom yang melakukan pemrosesan pada waktu yang diberikan. Kemudian menjumlahkan kolom output dan membagi menurut resolusi image. Operasi yang terakhir mengizinkan kami untuk menggunakan sebuah batas dinamik yang lebih besar untuk setiap cell photo kemudian menjaga signal output tetap cukup memadai ketika output ditambahkan.

Empat control signal,  $\Phi_{col(0)}$  ke  $\Phi_{col(3)}$ , memungkinkan arus mengalir dari deteksi photo cell ke simpul rangkaian terakhir. Satu, dua atau empat kolom aktif pada waktu yang sama.  $\Phi_{col(3..0)}$  dengan siklus perjalanan empat state (0001, 0010, 0100, 1000) ketika resolusi 1, dua state (0011, 1100) ketika kernel 2x2 dan semua bit aktif ketika kernel 4x4.

Setiap kolom mempunyai variable ratio current mirror dengan gain  $1/R$ , dimana  $R$  merepresentasikan resolusi image yang didapat. Arus bias ( $I_{bias}$ ) ditambahkan sebelum setiap current mirror menjamin bahwa mereka berada pada daerah saturasi ketika arus kolom sangat kecil.

Dari rangkaian kita bisa melihat bahwa arus output,  $I_{avg}$  dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$I_{avg} = \frac{1}{R} \sum_{K=0}^{R-1} I_{col(j+k)} + I_{offset} \quad (2)$$

Rata-rata tambahan kolom output dikenal dengan offset ( $I_{offset}$ ) yang mana dapat bernilai sama dengan nol atau jumlah arus bias  $I_{bias}$ .

#### 4. PENUTUP

Prinsip kerja kamera CMOS sudah diterangkan, dari mulai bagaimana bahan semikonduktor membangkitkan arus, pengkoleksian cahaya dan filter warna, prinsip kerja aktif pixel yang merupakan dasar dari kamera CMOS hingga rangkaian lengkap sensor image.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Narendran, "A Study of CMOS Cameras", ECE Departement, Graduate Student, Auburn University.
- [2] N. Marston, "Solid State Imaging : A Critique of The CMOS Sensor", Phd Thesis, University of Edinburgh, 1998.
- [3] Jérôme, Goy, "Etude, Conception, et Réalisation d'un Capteur d'image APS en Technologie Standard CMOS Pour des Applications Faible Flux de Type Viseur d'étoiles", Thèse, Institut National Polytechnique de Grenoble, 2002.
- [4] J. Coulombe, "Capteur d'images Intégré en Mode Courant et à Résolution Variable", Ecole Polytechnique de Montreal, 2000.
- [5] K. Eshraghian dan N. H.E. Weste, "Principles of CMOS VLSI Design", Addison –Wesley Publishing Company, USA, 1994.