

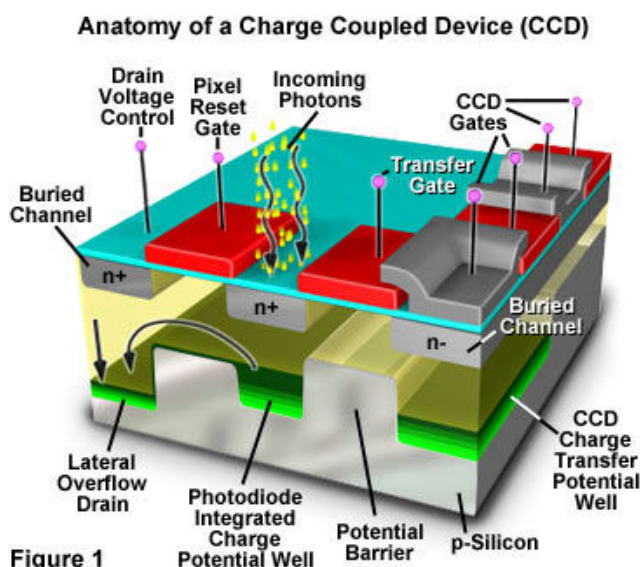
CONCEITOS NA TECNOLOGIA DA IMAGEM DIGITAL

O CCD (dispositivo de carga acoplada), tal como os microprocessadores e os circuitos integrados de memória, são feitos em lâminas do silício numa série de etapas elaboradas, usando processo de fotolitografia para definir e construir elementos funcionais diferentes dentro do micro circuito. Cada lâmina possui entre dez a centenas de dispositivos idênticos, cada um deles totalmente capaz de produzir um único *chip* CCD para uso em câmaras digitais. Este artigo contém os conceitos importantes do CCD, fundamentais e importantes para dar forma a uma compreensão completa das técnicas da produção de imagens digitais.

ANATOMIA DE UM CCD

A tecnologia de um sensor da imagem digital é centrada e tem por base o semiconductor CCD (CMOS), que tem um processo de manufactura similar ao usado na produção dos integrados, circuitos que incluem desde os microprocessadores até aos *chips* de memória. Este artigo analisa as características comuns da anatomia do CCD e dos princípios básicos da operação do dispositivo.

Os CCDs são circuitos integrados baseados no silício e que consistem numa densa matriz de fotodiodos que operam por conversão da energia da luz (dos fotões) em carga eléctrica, pelo efeito fotoeléctrico. Os electrões gerados pela interacção dos fotões com átomos do silício são armazenados num poço de potencial e posteriormente são passados/transferidos desde o chip, através de registos e removidos para um amplificador. O esquema na figura 1 mostra os diversos componentes que constituem a anatomia de um típico CCD:



O CCD foi inventado no final dos anos 60 do século XX, por investigadores dos laboratórios da *Bell* (EUA). A sua ideia inicial era a concepção de um novo tipo de circuito da memória para computadores. Estudos posteriores mostraram que o dispositivo também seria útil para outras aplicações, como o processamento de sinais (eléctricos) e imagens, graças à sua capacidade para transferir cargas e à interacção com a luz. Não obstante as esperanças por uma nova memória se tenham desvanecido, este novo dispositivo (CCD) veio a revelar-se como um sério e forte candidato a um projecto bem mais importante – um detector electrónico de imagem – capaz de substituir a película no emergente campo da microfotografia digital.

Fabricado em lâminas do silício, como muitos outros circuitos integrados, os CCDs seguem um processo que consiste numa série de complexas etapas foto litográficas, que incluem; gravação a ácido, implementação de iões, deposição de finas película, metalização e passivação para definir as funções diferentes dentro do dispositivo. O substrato do silício é polido electronicamente para dar forma a um silício do tipo p, material em que os portadores/transmissores/condutores principais são “buracos” positivamente carregados.

Em cada lâmina são fabricadas múltiplas matrizes, cada uma delas produz um dispositivo singular. Posteriormente são cortados com uma serra com dentes de diamante, são testados e revestidos a cerâmica ou com um polímero, deixando uma janela de cristal ou de quartzo, através do qual a luz pode penetrar para iluminar a matriz fotodiódica da superfície do CCD.

Quando um fotão ultravioleta, visível ou infravermelho chega a um átomo do silício na foto célula (fotodiodo ou pixel) do CCD, produzirá normalmente um electrão livre e um “buraco” criado pela ausência momentânea do electrão na malha cristalina do silício. O electrão livre mantém-se então num poço potencial (situado dentro da área do silício conhecida como a camada do depleção), enquanto que o “buraco” é transferido e eventualmente deslocado para o substrato do silício. Os pixéis são isolados electronicamente dos seus vizinhos por “canais de paragem”, que se formam por disseminação de iões de Boro através de uma máscara num substrato de silício do tipo p.

As características básicas da arquitectura de um CCD são a matriz muito grande de registos de deslocamento consecutivos, construídos com uma camada condutora empilhada na vertical, de polisilício polida e separada de um substrato semiconductor de silício por uma fina película isolante de dióxido do silício (figura 2). Após ter acumulado electrões dentro de cada pixel da matriz, é aplicado um potencial eléctrico às camadas de eléctrodos do polisilício (denominadas portas) com a finalidade de mudar o potencial electrostático do silício subjacente. O substrato de silício colocado directamente debaixo da porta dos eléctrodos transforma-se então um poço potencial capaz de recolher electrões gerados localmente e originados pela luz incidente. As portas vizinhas ajudam a encerrar os electrões dentro do poço de potencial por meio da formação de potenciais mais elevados, denominados de barreiras potenciais, que rodeiam o poço. A modulação

da tensão aplicada às portas do polisilício pode ser manipulada para formar um poço potencial ou uma barreira para a carga integrada existente no fotodiodo (pixel).

CCD Photodiode Array Integrated Circuit

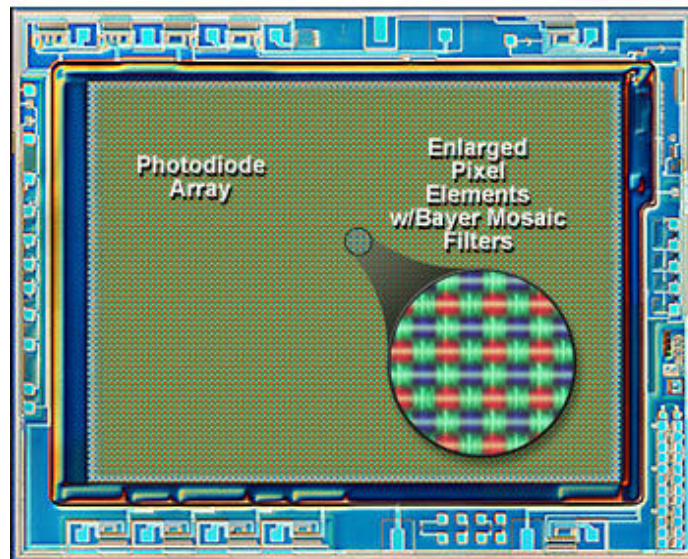


Figure 2

O desenho mais comum do CCD é composto por uma série de portas que subdividem cada pixel em terços, por meio de três poços potenciais orientados numa fila horizontal. Cada poço potencial de fotodiodos é capaz de conter um número de electrões que determina o limite superior da escala dinâmica do CCD. Após ser iluminado pelos fotões incidentes durante o intervalo de tempo da integração, os poços potenciais na matriz dos fotodiodos do CCD enchem-se com os electrões produzidos na camada de depleção do substrato do silício. A medição da carga armazenada é feita mediante uma combinação de transferências, em série ou em paralelo, da carga acumulada a um único nó da saída, localizado numa das extremidades do *chip*. A velocidade de transferência da carga em paralelo é geralmente suficiente de modo que esta seja terminada durante o período de preparação e de integração de carga para a imagem seguinte.

CIRCUITO INTEGRADO DA MATRIZ DE FOTODIODOS DO CCD

Após o armazenamento nos poços potenciais, os electrões mudam em paralelo, um linha de cada vez, através de um sinal (impulso) gerado pelo relógio, que modifica o registo vertical. Os electrões são transmitidos (transferidos) através de cada fotodiodo, num processo de múltiplas etapas/passos (entre dois a quatro etapas). Esta mudança é feita passando o potencial do poço de retenção a negativo, e simultaneamente aumentado a polarização do poço seguinte a um valor positivo. O impulso de disparo da mudança do registo vertical opera em ciclos para mudar as tensões nos poços alternados das portas verticais, de modo a mover a carga acumulada através do CCD. A figura 1 ilustra um poço potencial

de fotodiodos adjacente a uma porta da transmissão colocada dentro de uma fila de portas do CCD.

Depois de atravessar o sistema de portas de mudança do registo em paralelo, a carga alcança finalmente uma fileira especializada de portas, conhecidas como - mudança de registo em série. Aqui, os pacotes de electrões representantes de cada pixel, são mudados para sequências horizontais, sob o controle de um impulso de registo horizontal, até um amplificador da saída e depois para fora do *chip*. Os conteúdos completos do registo horizontal de mudança, são transmitidos até ao nó de saída antes de serem de novo carregados com a linha seguinte dos pacotes da carga do registo paralelo. No amplificador de saída, os pacotes de electrões registam a quantidade de carga produzida pelos sucessivos fotodiodos, de um lado ao outro de uma linha, desde a primeira linha até à última. Esta sequência permite o conhecimento completo da carga eléctrica foto-gerada nos elementos sensorial da matriz bidimensional.

Nos demais artigos serão abordados outros aspectos que incluem; drenos para o *antiblooming* dos electrões, sistemas de microlentes, *binning* de pixel, etc.

Adaptado de:

Mortimer Abramowitz - Olympus America, Inc., Two Corporate Center Drive., Melville, New York, 11747

Michael W. Davidson - National High Magnetic Field Laboratory, 1800 East Paul Dirac Dr., The Florida State University, Tallahassee, Florida, 32310