

## Hans-Albrecht Luszkat Halbleiter-Bildsensoren ermöglichen röhrenlose Kameras

Auf der NAB 1983 und in Montreux '83 zeigte die RCA erstmals ein Labormuster einer röhrenlosen Farbkamera mit Halbleiter-Bildsensoren, die bessere Bilder lieferten, als Röhren vergleichbarer  $\frac{2}{3}$ " EB-Kameras. Damit wurde in greifbare Nähe gerückt, was verschiedene Hersteller seit 1970 von Zeit zu Zeit in den unterschiedlichsten Experimentierstadien zeigten. Und jetzt auf der NAB 1984 hat RCA zum erstenmal eine solche CCD-Kamera (Charge Coupled Device) mit Halbleitern, die CCD-1 serienreif und einsatzbereit vorgestellt.

Die theoretische Diskussion um die CCD-Kamera wurde schon vor Jahren vor allem wegen der Vorteile der vielen Halbleiter-Bildsensoren belebt:

- kein Nachzieheffekt (lag)
- geringe Trägheit (bessere dynamische Resolution)
- kein Einbrennen
- hoher Störabstand (CCD)
- höhere Empfindlichkeit
- keine Ablenkfehler
- keine Störeinflüsse durch Magnetfelder
- keine Mikrophonie
- bessere Linearität
- hohe Lebensdauer, kein Verschleiß
- kein Vorheizen, sofort betriebsbereit
- geringe Leistungsaufnahme

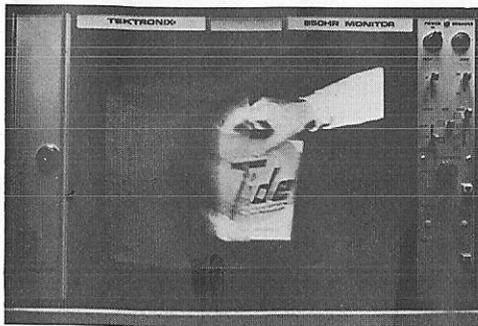


Abb. 1: RCA-Demonstration mit Split Screen in Las Vegas; links: EB-Kamera, rechts: CCD-Kamera.

Als Halbleitermaterial wird Silizium verwendet, das im Unterschied zu Bleioxyd (Plumbicon), zu Animontrisulfid (Vidicon) oder zur Sulfid-Selenid-Tellurid-Mischung (Saticon) eine sehr geringe Trägheit hat. Das Ladungspotential des Halbleitersensors reduziert sich auf Grund des andersartigen Materials und des anderen Ausleseverfahrens schon nach zwei Halbbildern auf weniger als ein Prozent, wogegen bei der Elektronenstrahlabtastung der Röhrentargets dieser Wert etwa erst nach zehn Halbbildern erreicht wird. Dadurch erhöht sich bei Halbleiter-Bildsensoren der Schärfepindruck bewegter Bilder erheblich.

Extreme Lichtquellen können den Halbleiter nicht zerstören. Spitzlichter bis zur 10000fachen Überbelichtung werden verarbeitet. Einbrennen gibt es nicht. Die Halbleiter-Bildsensoren haben praktisch eine unbegrenzte Lebensdauer, Verschleißerscheinungen wie bei Röhren gibt es auch nicht. Nach Anlegen der Betriebsspannung sind sie sofort einsatzbereit.

Die Halbleiter-Bildaufnahmefläche besteht aus einer zeilen- und spaltenförmigen Anordnung von pn-Dioden bzw. MOS-Kondensatoren (MOS = Metalloxid Semiconductor-Halbleiter). Jedes dieser lichtempfindlichen Elemente erzeugt einen Bildpunkt.

Es gibt drei unterschiedliche Ausleseverfahren, die Bildinformation aus dem Raster des Halbleitersensors auszulesen.

1.: Die xy-Adressierung ermöglicht die Ansteuerung eines jeden Speicherelements über Zeilen- und Spaltenleitung. Sie wird auch bei RAMs (Random Access Memories) angewandt. Beim Diodensensor sind die lichtempfindlichen Elemente Dioden. Das Auslesen erfolgt über Transistoren. Die als Ladung gespeicherte Information wird über den Zeilentransistor auf die Spaltenleitung ausgelesen, dort zwischengespeichert und dann entsprechend dem Fernsehkontakt abgerufen. Bei diesem Ausleseverfahren verringert sich die Signalspannung, und der

Rauschabstand ist auf ca. 50 dB begrenzt. Der CID (Charge Injection Device) Sensor funktioniert entsprechend. Bei ihm bestehen die lichtempfindlichen Elemente aus zwei MOS-Kondensatoren (Abb. 2).

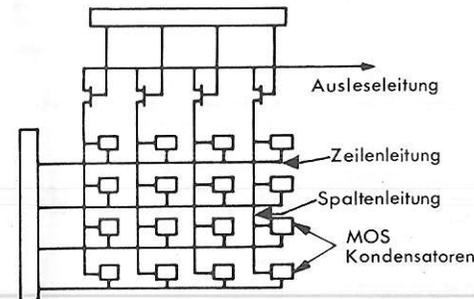


Abb. 2: Schematische Darstellung der Funktionsweise der zeilen- und spaltenförmigen Halbleiter-Anordnung bei MOS-Kondensatoren.

2.: Der Frame Transfer CCD (Charge Coupled Device) besteht aus einem Bildsensorteil und einem Bildspeicherteil, die übereinanderliegend angeordnet sind. Der Bildspeicherteil ist genauso wie der Bildsensorteil aufgebaut, nur gegen Lichteinfall geschützt (Abb. 3).

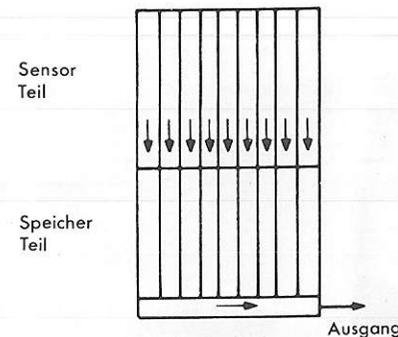


Abb. 3: Schematische Darstellung des Ausleseverfahrens der Halbleiter beim Frame Transfer CCD.

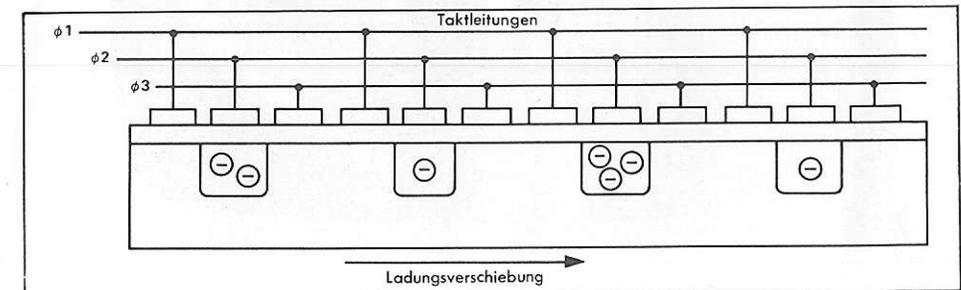


Abb. 5: Darstellung der Ladungsverschiebung entlang dem CCD-Kanal.

Im Bildsensorteil entsteht durch Lichteinfall ein Ladungsbild. Innerhalb der vertikalen Austastlücke wird das Ladungsbild simultan spaltenweise analog innerhalb einer Millisekunde verschoben, und zwar von Sensorelement zu Sensorelement.

Diese analoge Ladungsverschiebung ist durch den Aufbau des Halbleiters möglich. Über der lichtempfindlichen Sensorschicht befindet sich eine Inversionsschicht ( $\text{SiO}_2$ ). Darüber sind Aluminium Gate Elektroden angeordnet, die in einer Dreiersequenz alternierend mit Taktpotential angesteuert

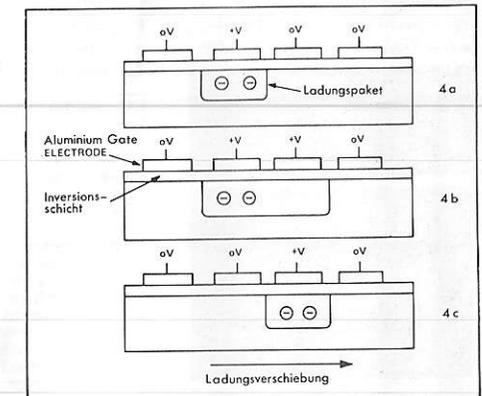


Abb. 4 a, b, und c: Vereinfachte grafische Darstellung der Grundmechanismen der CCD-Wirkungsweise.

werden können. Das Ladungspaket befindet sich (Abb. 4a) unter der positiv getakteten Elektrode. Die nächste Elektrode wird ebenfalls positiv getaktet (Abb. 4b) und die vorhergehende wieder auf Null gesetzt (Abb. 4c). Dadurch verschiebt sich das Ladungspaket.

Abb. 5 zeigt den Anschluß der Elektroden an die Taktleitungen.

Am unteren Ende des Speicherteils befindet sich eine CCD-Zeile als Ausleseregister (Abb. 6). Jedes Element dieser Zeile kann so

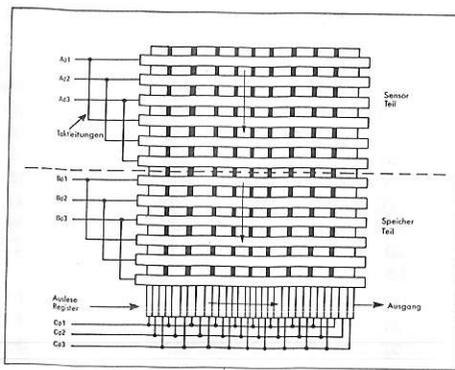


Abb. 6: Vereinfachtes Diagramm des Frame Transfer mit Charged Coupled Device (CCD).

getaktet werden, daß die Informationen zeilenweise entsprechend der Fernsehfrequenz abgerufen werden. Während der horizontalen Austastlücke wird die nächste Zeileninformation in das Ausleseregister geschoben.

3.: Der Interline Transfer CCD arbeitet wie der Frame Transfer CCD. Hier ist der Speicherteil spaltenweise in den Sensorteil integriert, so daß eine Spalte mit einer Speicherspalte wechselt. RCA sagt dieser Technik einen geringeren Rauschabstand und geringere Empfindlichkeit nach, außerdem sei das Abdecken der Speicherspalten gegenüber dem Lichteinfall schwerer zu realisieren.

Im allgemeinen ermöglichen CCD-Sensoren höhere Rauschabstände (bis ca. 70 dB) und eine höhere Signalausgangsspannung.

Bei der Herstellung sind CCD-Halbleitersensoren wegen der verdoppelten Fläche durch Sensor- und Speicherteil schwer zu handhaben. Die Ausbeute ist wesentlich geringer als bei Halbleitern nach dem xy-Ausleseverfahren.

RCA hat die CCD-1 Kamera mit drei Halbleiter-Bildsensoren nach dem CCD-Frame Transfer-Prinzip ausgestattet. Die Sensoren haben eine Abmessung von 8,38 mm x 10,41 mm und verfügen über 403 horizontale und 512 vertikale Elemente, insgesamt 206336. Die spektrale Blauempfindlichkeit konnte verringert werden. Die CCD-Chips wurden von der RCA New Products Division in Princetown entwickelt und hergestellt.

Die CCD-1 Kamera entspricht vom Gehäuse her der Hawkeye II Kamera. Sie liefert ein FBAS oder Componenten Videosignal. Der Rauschabstand beträgt 62 dB, die minimale Beleuchtungsstärke liegt bei 30 Lux.