

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	85 (1994)
<b>Heft:</b>	21
<b>Artikel:</b>	Die leise Revolution der sehenden Chips : CCS-Bildsensoren
<b>Autor:</b>	Theuwissen, Albert J. P.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-902616">https://doi.org/10.5169/seals-902616</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Dieser Beitrag gibt einen gerafften Überblick über die Grundlagen der Halbleiter-Bilderzeugung. Die Erzeugung von freien Elektronen durch die Absorption von Photonen, die Ladungsakkumulation und das Auslesen der Ladungspakete werden beschrieben und verschiedene Bildsensor-Architekturen, die auf unterschiedliche Weise CCD-Strukturen verwenden, miteinander verglichen. Diese Architekturen reichen von den einfachen linearen und bilinearen Strukturen über quadrilineare Strukturen bis zu den zweidimensionalen Anordnungen der Rahmen-Transfer-, Zwischenzeilen-Transfer- und Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-Architekturen.

# Die leise Revolution der sehenden Chips

## CCD-Bildsensoren

■ Albert J. P. Theuwissen

Über viele Jahre hinweg war die TV-Bildaufzeichnung das ausschliessliche Gebiet von Bildaufnahmeröhren. Dies änderte sich dann aber mit der Einführung der ersten Halbleiter-Bildsensor-Videokamera rasch [1]. Heute ist die TV-Bildaufzeichnung fast ausschliessliche Domäne der Halbleiter-Bildsensoren, insbesondere der Charge-Coupled Devices (CCD). Bei diesem durchschlagenden Erfolg könnte man sich fragen, wieso es von der Einführung der CCD im Jahre 1969 bis zum Erscheinen der ersten Halbleiterkamera im Jahre 1983 so lange dauerte. Der Hauptgrund war das komplexe Fabrikationsverfahren. Die erste Kamera basierte noch auf einem MOS-Bildsensor, der mit einem etwas einfacheren, von der DRAM-Technologie profitierenden Verfahren hergestellt wurde. Dieser MOS-Sensor-Kamera folgten dann rasch die CCD-Kameras.

Den Grund für den Wechsel von der Bildaufnahmeröhre zum Halbleiter-Bildsensor findet man in den vielfältigen Vorteilen der CCD gegenüber den klassischen Bildsensorgeräten. Im Vergleich mit Röhren haben Halbleiterschaltungen und damit auch CCD folgende Vorteile:

- Sie arbeiten mit einer viel tieferen Spannung und benötigen deshalb viel weniger Energie.
- Sie werden durch elektromagnetische Felder kaum beeinflusst.
- Sie haben eine ganze Reihe von mechanischen Vorteilen. Sie sind viel kleiner und leichter, haben eine fixe Geometrie, sind sehr zuverlässig und solide und benötigen fast keinen Abgleich von Spannungswerten.
- Sie sind fast ebenso lichtempfindlich wie Röhren, weisen weder Bildverzögerung (image afterglow) noch Einbrenn-Phänomene auf und sind bezüglich statischer Auflösung gleichwertig.
- Sie kosten dank des Technologiefortschritts bedeutend weniger als Röhren.

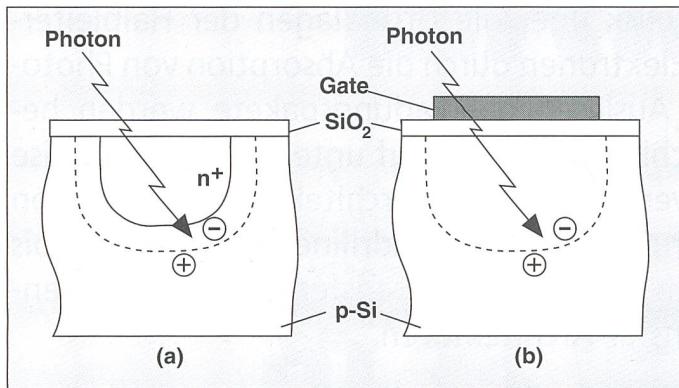
Setzt man CCD in Kameras ein, so benötigen diese weder Einricht- noch Aufwärmzeit; sie erbringen dank kompakter Bauweise eine stabile und reproduzierbare Leistung. Die Bildqualität von Halbleiter-Bildsensoren ist jener von Röhren überlegen – mit einer Ausnahme, der des horizontalen Aliasing- oder Moiréeffekts, der durch die horizontale Bildabtastung verursacht wird. Röhren weisen einen ähnlichen, jedoch vertikalen Aliasingeffekt auf.

Die genannten Vorteile der Halbleitergeräte und insbesondere der CCD haben Röhren beinahe zum Verschwinden gebracht. Auch im TV-Bereich werden fast nur noch CCD als Bildsensoren eingesetzt,

Dieser Beitrag ist eine vom Autor überprüfte, leicht überarbeitete Übersetzung aus der Zeitschrift Philips Technical Review 48(1994)3.

### Adresse des Autors:

Albert J. P. Theuwissen, Ph.D., Department Head of the Micro-Circuits Division, Philips Research Laboratories, Prof. Holstlaan 4, 5656 AA Eindhoven, NL.



**Bild 1** Zwei mögliche Photonkonversionschaltungen  
a. physikalischer np-Übergang  
b. Spannungs-induzierter np-Übergang

vor allem, weil sie ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis als ihre Konkurrenten, die MOS-XY- und Ladungs-Injektions-Schaltungen, aufweisen. Aus diesem Grund wird in diesem Beitrag nur auf CCD-Schaltungen eingegangen.

Im nächsten Abschnitt über Grundlagen der Halbleiter-Bildaufzeichnung werden einige elementare Aspekte der Photonen-Abtastung und der Bildsensorenkonfigurationen erklärt. Es wird der Photonen-Konversionsmechanismus und die nachfolgende Elektronenkollektion behandelt. In einem weiteren Kapitel werden dann zuerst lineare Schaltungen und dann mögliche Sensor-Konfigurationen für die Bildaufzeichnung beschrieben. Abschliessend werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Konfigurationen diskutiert.

## Der Photon-Abtastmechanismus

Die Halbleiter-Bildaufzeichnung basiert auf dem Prinzip der Umwandlung von Licht (Photonen) in eine messbare elektrische Grösse, zum Beispiel in eine Spannung oder einen Strom, wobei Elektronen den Zusammenhang zwischen den auf den Bildsensor auftreffenden Photonen und der Spannung am Ausgang des Gerätes vermitteln.

### Photonkonversion

Energieteilchen, die auf ein Halbleiter-Substrat auftreffen und in dieses eindringen, können einen Teil ihrer Energie auf das Substrat übertragen. Die Energieübertragung kann über die Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren vor sich gehen. Ist der Energieanteil der Partikel gross genug, so können Elektronen aus dem Valenzband in das Leitungsband gehoben werden, wobei sie ein Loch im Valenzband hinterlassen. Durch diesen Vorgang verliert das einfallende Partikel Energie. Der Betrag dieses Energieverlustes entspricht der Energiedifferenz, die das Leitungsband vom Valenzband trennt (Bandlücke). Damit ein Elek-

tron-Loch-Paar entstehen kann, muss die Energie des Partikels grösser als die Energie der Bandlücke sein.

Auf die Halbleiter-Bildaufzeichnung angewendet, bedeutet dies, dass Photonen Elektron-Loch-Paare erzeugen, falls ihre Energie höher als 1 eV beziehungsweise ihre Wellenlänge kürzer als etwa 1000 nm ist. Nach Erzeugung der Ladungsträger im Halbleiterkörper müssen die negativen Elektronen von den positiven Löchern getrennt werden. Dies lässt sich mit einem elektrischen Feld leicht bewerkstelligen; es saugt die Elektronen ab und lässt die Löcher ins Substrat abfließen – oder umgekehrt, je nach Substrat.

### Ladungsintegration

Nach der Abtrennung der Ladungsträger (Elektronen oder Löcher) müssen diese zur Ausgangsstufe transportiert und in eine messbare Grösse umgewandelt werden. Da die Energie eines einzelnen Elektrons oder Lochs für diese Operation viel zu klein ist, muss ein Integrationsverfahren angewendet werden. Anstatt einzelne Elektronen oder Löcher zu transportieren, werden lokal (in jedem Bildpunkt) während einer gewissen Zeitspanne so viele Ladungsträger zu einem Paket aufaddiert, dass dessen Gesamtenergie ausreicht, um am Ausgang des Gerätes ein messbares Signal zu erzeugen.

Zur Trennung der Elektronen von den Löchern und zur Integration der Ladungsträger genügt eine kleine Kapazität. Das Bild 1 zeigt zwei Schaltungen, die dafür in Frage kommen: ein in Sperrrichtung gepolter physikalischer np-Übergang (Photodiode) und ein extern induzierter np-Übergang (MOS-Kapazität), die beide auf einem p-Typ-Silizium-Substrat aufgebracht sind. Die Trennung der Elektronen von den Löchern leistet das elektrische Feld in den np-Übergängen. Die Elektronen werden eingefangen, und die Löcher fliessen in das p-Typ-Substrat.

Die Akkumulation der Elektronenladungen geschieht in den in Sperrrichtung gepolten, elektrisch isolierten Junction-Kapazi-

täten [2]. In Fällen, in denen die Spannung über der Kapazität während der Integrationszeit abfällt, nimmt gleichzeitig die Dicke der Verarmungsschicht und damit die Anzahl der gesammelten Elektronen ab.

### Ladungstransport

Das nächste Glied in der Bilderzeugungskette ist der Transport der Ladungspakete vom Integrationspunkt zum Schaltungsausgang. Wiederum kommen zwei Alternativen in Frage, die in Bild 2 dargestellt sind: ein MOS-Schalter mit einer Leitung und ein CCD-Schieberegister. In beiden Fällen ist die Sensorzelle (Pixel) eine Photodiode, die auf einem p-Silizium-Substrat aufgebaut ist. Die Wahl zwischen dem MOS-Schalter mit Sensorleitung und dem CCD-Schieberegister ist zum Teil anwendungsabhängig; beide haben ihre Vorteile und Nachteile.

Der MOS-Schalter mit Sensorleitung ist zwar technologisch ziemlich einfach zu realisieren; nachteilig bei dieser Lösung ist aber, dass der MOS-Schalter die kleine Pixel-Kapazität auf die relativ grosse Kapazität der Sensorleitung schaltet. Das Signal-Rausch-Verhältnis dieser Anordnung ist demzufolge ziemlich schlecht. Der Bau eines CCD-Schieberegisters hingegen ist technologisch ziemlich kompliziert. Zudem verlangt die Übertragung des Ladungspakets vom Pixel in die ausgangsseitige Diffusionsregion ein geeignetes Clock-Signal. Dafür aber wird bei dieser Schaltung das Ladungspaket aus der kleinen Pixelkapazität auf die ebenfalls kleine Kapazität der ausgangsseitigen Diffusionsregion geschaltet. Mit CCD-Schieberegistern als Transportmedium lassen sich deshalb Bildsensorgeräte mit relativ hohem Signal-Rausch-Verhältnis konstruieren. Das Bild 2 zeigt die Kombination eines physikalischen np-Übergangs – mit den beiden alternativen Auslesekonstruktionen.

Selbstverständlich kann eine MOS-Kapazität auch mit einem CCD-Schieberegister kombiniert werden. Die Umwandlung eines Ladungspaketes in eine Spannung am Ausgangspin des Bildsensorgerätes wird auf klassischem Weg erreicht: Abtastung der Spannungsänderungen an einer floatenden n+-Region mittels einer Source-Folger-Schaltung (Bild 2).

## Bildsensorkonfigurationen

Im vorhergehenden Abschnitt wurde lediglich die Wirkungsweise einer einzelnen Zelle beziehungsweise eines einzelnen Pixels erklärt. In praktischen Anwendungen können Bilder in einer eindimensionalen (z. B. Fax) oder in einer zweidimensionalen

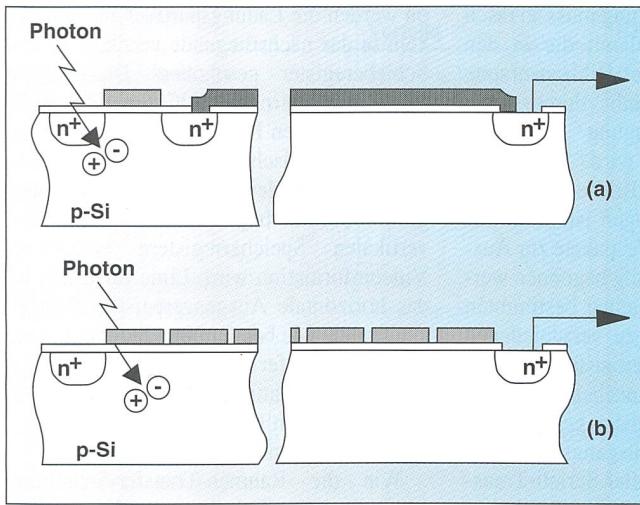


Bild 2 Kopplung der Photodiode mit der Außenwelt

- a. Auslesestruktur mittels MOS-Schalter
- b. Auslesestruktur mittels CCD-Schieberegister

Konfiguration (z.B. Heimfernseher oder Camcorder) aufgebaut werden. In diesem Abschnitt werden Bildsensorarchitekturen diskutiert. Sie reichen von simplen linearen und bilinearen Architekturen über quadrilineare Architekturen bis zu den zweidimensionalen Anordnungen der Rahmen-Transfer-, Zwischenzeilen-Transfer- und Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-Architekturen.

#### Lineare Bildsensoren

Die einfachste Pixelorganisation ist eine einzelne Zeile von photosensitiven Elementen wie Photodioden oder MOS-Kapazitäten, wie sie Bild 3a zeigt. Ein unmittelbar neben der Pixelreihe platziertes CCD-Schieberegister dient zum Auslesen der Ladungspakete, wobei die Länge einer CCD-Zelle gleich der Pixeldistanz (Pitch) ist. Die Isolation der Pixel gegenüber der CCD wird mittels eines Transfer-Gates erreicht [3]. Nach der Integration der Ladungsträger in den photosensitiven Elementen wird das Transfer-Gate mittels eines High-Level-Spannungsimpulses geöffnet. Die Pixel werden in das CCD-Schieberegister geschoben, ähnlich wie dies bei einem normalen Parallel-Serie-CCD-Transport geschieht. Nachdem das Transfer-Gate wieder geschlossen ist, kann eine weitere Integrationsperiode beginnen. Während dieser neuen Integration werden die aus der vorhergehenden Periode stammenden Ladungspakete über das CCD-Schieberegister zum Schaltungsausgang befördert. Man beachte, dass das CCD-Schieberegister vom eintreffenden Licht abgeschirmt werden muss, damit die Zahl der Ladungsträger in den Ladungspaketen sich nicht mehr ändert.

Wird ein hochauflösender Bildsensor mit einer hohen Zahl von Pixeln pro Millimeter verlangt, kann die CCD-Zellen-Länge eine Begrenzung sein; sie definiert den

kleinsten Pixel-Pitch. In einer bilinearen Bildsensorschaltung (z.B. [4]) kann der Pixel-Pitch im Vergleich zu einem normalen linearen Bildsensor um den Faktor 2 verkleinert werden. Wie in Bild 3b gezeigt wird, macht eine bilineare Schaltung von zwei CCD-Schiebereregistern Gebrauch, eines auf jeder Seite der Pixelreihe. Die Basisoperation eines bilinearen Bildsensors ist gleich wie die einer gewöhnlichen linearen Schaltung, ausgenommen, dass die Ladungspakete nach der Integration auf zwei CCD-Register verteilt werden. Ungerade Pixel werden zum Beispiel auf die untere, gerade Pixel auf die obere CCD-Zeile geschaltet. In der Ausgangsstufe der Schaltung werden die Ladungspakete so multiplexiert, dass die Information am Ausgang als sukzessiver Strom von Messwerten erscheint, und zwar in gleicher Rei-

henfolge, wie diese Messwerte von den Photoelementen aufgenommen wurden.

Abgesehen von der höheren Pixeldichte hat die bilineare CCD im Vergleich mit ihrem linearen Gegenstück von gleicher Pixelzahl den Vorteil einer geringeren Clock-Frequenz. Die für bilineare Bildsensoren charakteristische Demultiplexierungstechnik kann zur quadrilinearen Bildsensorteknik (Bild 3c) ausgebaut werden [5; ... ;7]. Dabei werden vier CCD-Schieberegister auf beiden Seiten der Pixelzeile benötigt, um die Ladungspakete zu einer Doppel- (oder auch zu einer Einfach-)Ausgangsstruktur zu transportieren. Die möglichen Wege, über welche die Information in vier CCD aufgesplittet werden können, sind in Bild 3 mittels Pfeilen gekennzeichnet. In einem solchen quadrilinenaren Bildsensor ist der Pixel-Pitch gleich einem Viertel der Länge einer CCD-Zelle. Falls die Aufteilung auf die verschiedenen CCD-Register passend vorgenommen wird, ist diese Konfiguration für die Konstruktion eines hochauflösenden Zeilen-Bildsensors gut geeignet; eine Anzahl von mehr als 5000 Pixeln auf einer Zeile ist keine Ausnahme mehr.

#### Flächen-Bildsensoren

Im Falle der zweidimensionalen Halbleiter-Bilderzeugung sind mehrere Schaltungsarchitekturen möglich. Neben CCD kommen XY-adressierte Photodioden (MOS XY) und Ladungsinjektionsschaltungen in Frage. Die CCD-Architekturen können in Rahmen-Transfer-Bildsensoren, Zwischenzeilen-Transfer-Bildsensoren und Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-Schaltungen unterteilt werden. Die Grund-

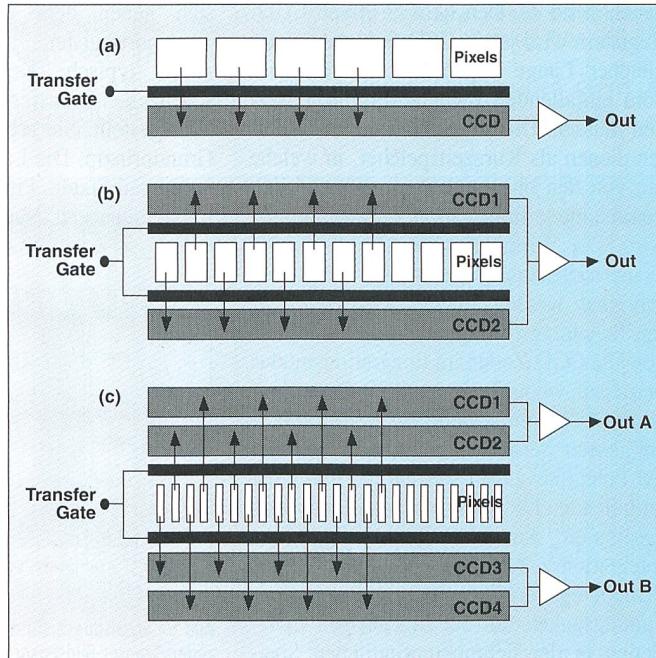


Bild 3 Schaltungs-konzepte verschiedener linearer Image-Sensor-typen

- a Lineare Bildsensor-struktur
- b Bilineare Bildsensor-struktur
- c Quadrilineare Bildsensorstruktur

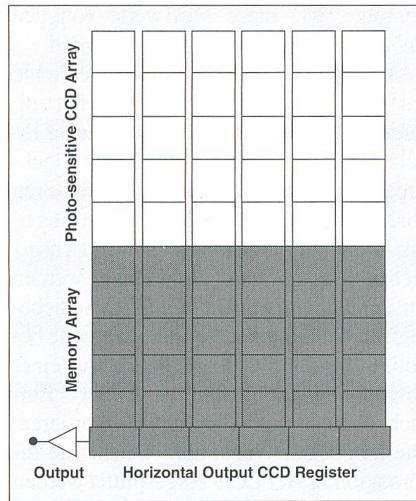


Bild 4 Schaltungsarchitektur eines Rahmen-Transfer-Bildsensors

lagen dieser vier verschiedenen Typen werden nachfolgend beschrieben, und am Ende dieses Abschnittes wird ein Vergleich dieser Alternativen angestellt.

### Rahmen-Transfer-CCD (Frame-Transfer CCD)

Alle Rahmen-Transfer-Schaltungen verwenden als Sensorelemente MOS-Kapazitäten. Da auch die CCD-Zellen mit MOS-Kapazitäten aufgebaut werden, ergibt sich die Möglichkeit, beide Funktionen, das heisst die Sensor- und die CCD-Transportfunktion, in einer gemeinsamen Struktur unterzubringen. Dabei benützt man eine Kette von CCD-Zellen oder das CCD-Schieberegister selbst als linearen Halbleiter-Bildsensor. Ordnet man mehrere dieser linearen Schaltungen genügend nahe nebeneinander an, so kann man eine zweidimensionale Bildsensor-Matrix aufbauen (Bild 4). Den lichtsensitiven CCD-Registern wird je ein CCD-Schieberegister gleicher Länge zugeordnet, wobei diese vom einfallenden Licht abgeschirmt werden müssen. Die abgeschirmten CCD-Zeilen dienen als Kurzeitspeicher, in welche die von den oberen lichtsensitiven Zeilen kommende Information eingeschoben wird. Die Wirkungsweise einer Rahmen-Transfer-Schaltung kann wie folgt beschrieben werden: im lichtsensitiven oberen Schaltungsteil, der Bild-Sektion, werden alle CCD-Zellen im Integrationsmodus betrieben, wobei Teile der CCD-Phasen auf High-DC-Level, andere auf Low-DC-Level gesetzt werden. In den dadurch erzeugten Potentialwannen werden die durch die einfallenden Photonen erzeugten Ladungen gesammelt. Am Ende der vorgegebenen Integrationszeit übertragen die CCD-Schieberegister der Bildsensorzone ihre Ladungspakete auf die zugehörigen CCD-Zeilen in der lichtunempfindlichen Spei-

cherzone. Diese Übertragung muss so rasch wie möglich erfolgen, damit die in den CCD-Schieberegistern der Bildsensorzone erzeugte Information nicht durch unerwünschte Ladungserzeugung ausserhalb der Bildzone verfälscht wird. Sobald die gesamte Information der Bildsensorzone in die Speicherzone übertragen ist, kann mit dem Transport der Ladungspakete zur Ausgangsstruktur der Schaltung begonnen werden. Dazu werden die zu einer bestimmten horizontalen Zeile (und zu verschiedenen vertikalen CCD-Schieberegistern) gehörenden Ladungspakete nacheinander ins horizontale Ausgangsregister geladen und von dort seriell an die Ausgangsstufe weitergegeben. Dieser Parallel-Seriell-Transfer ähnelt dem weiter vorne beschriebenen Verfahren für den linearen Bildsensor (der auch in den bilinearen und quadrilinearen Konfigurationen zur Anwendung kommt). Am Ausgang werden die Ladungspakete in eine elektrische Spannung umgewandelt und als Videosignal zur Weiterverarbeitung bereitgestellt. Es ist festzuhalten, dass die Rahmen-Transfer-CCD-Schaltung erlaubt, die CCD-Zellen der Bildstufe im Integrationsmodus zu betreiben, während gleichzeitig die Videoinformation des vorhergehenden Bildes von der Speicherfläche zur Ausgangsstufe transportiert wird.

### Zwischenzeilen-Transfer-CCD (Interline-Transfer CCD)

Wie die Rahmen-Transfer-Schaltung wird auch der zweidimensionale Zwischenzeilen-Transfer-Sensor aus mehreren eng nebeneinander liegenden linearen Bildsensoren aufgebaut. Für die Zwischenzeilen-Transfer-Schaltung sind die linearen Strukturen vom gleichen Typ, wie er in Bild 3 dargestellt ist: die sensitiven Pixel befinden sich neben dem abgeschirmten CCD-Transportregister.

Die typische Konstruktion der Zwischenzeilen-Transfer-Schaltung ist in Bild 5 dargestellt. Sie arbeitet nach folgendem Grundprinzip: Die Ladungsintegration findet in den Pixeln, Photodioden oder MOS-Kapazitäten statt. Nach beendeter Integri-

on werden die Ladungspartikel aus den Pixeln in das nächstliegende vertikale CCD-Schieberegister geschoben. Diese vom Licht abgeschirmten Schieberegister dienen der von den Pixeln kommenden Information als Zwischenspeicher, so dass nach dem Transfer gleichzeitig eine neue Integrationsperiode beginnen kann. Die in den vertikalen Speicherregistern enthaltene Videoinformation wird, Linie für Linie, in das horizontale Ausgangsregister übertragen (genau wie bei der oben beschriebenen Rahmen-Transfer-Schaltung), von dort als serielle Information zum Ausgang transportiert und schliesslich in eine Spannung oder einen Strom umgewandelt.

Wie die Rahmen-Transfer-Schaltung kann also der Zwischenzeilen-Bildsensor ein neues Bild aufintegrieren, sobald das vorhergehende Bild in den vertikalen Schieberegistern abgespeichert ist.

### Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-CCD (Frame-Interline-Transfer CCD)

Aus der Kombination zwischen einem Rahmen-Transfer-Bildsensor und einer Zwischenzeilen-Schaltung geht die Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-CCD hervor; sie besitzt einerseits die gleiche lichtempfindliche Zone (Photodioden und vertikale Shiftregister) wie die Zwischenzeilen-Transferschaltung und andererseits die gleiche Speicherzone wie die Rahmen-Transfer-Schaltung (Bild 6). Sie kombiniert die Funktionsweisen der zwei vorhergehenden Schaltungen, nämlich die Integration der Ladungspakete in den Pixeln sowie ihre Übertragung in die vertikalen Schieberegister einerseits und den schnellen vertikalen Transport zum abgeschirmten Speicherteil des Bildsensors andererseits. Dieser vertikale Transport zum abgeschirmten Speicherteil des Bildsensors ist keine Zeile-für-Zeile-Aktion wie bei der Zwischenzeilenstruktur; alle Ladungspakete werden so schnell wie möglich in die Rahmen-Transfer-Struktur gerettet. Das vertikale Schieberegister arbeitet lediglich als Kurzzeit-Zwischenspeicher und als Transportkanal zwischen den Pixeln und der Speicherzone. Die Umwandlung der parallel in der Speicherzone vorliegenden Information in die serielle Darstellung des horizontalen Ausgangsregisters geschieht analog wie bei den oben beschriebenen Rahmen-Transfer- und Zwischenzeilen-Transfer-Bildsensoren.

### Überblick über Zonen-Bildsensoren

Wenn man verschiedene Schaltungsarchitekturen miteinander vergleichen will, so muss man von einer gemeinsamen Basis ausgehen. Diese ist in unserem Fall die gleichwertige lichtsensitive Zone [8; 9]. Die Bilder 4 bis 6 sind so gezeichnet, dass

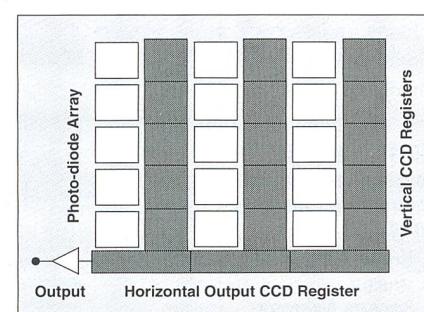


Bild 5 Schaltungsarchitektur eines Zwischenzeilen-Tranfer-Bildsensors

Schaltung	Vorteile	Nachteile
Rahmen-Transfer-CCD	Horizontale Auflösung Öffnungsverhältnis Shutter-Möglichkeit Einfache Technologie	Chip-Größe Smear
Zwischenzeilen-Transfer CCD	Chip-Größe	Öffnungsverhältnis Smear Komplizierte Technologie
Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-CCD	Low Smear	Chip-Größe Öffnungsverhältnis Komplizierte Technologie

Tabelle I Überblick über die Vor- und Nachteile der untersuchten zweidimensionalen Bildsensortypen

die Bildzone bei allen drei Architekturen, das heisst bei der Rahmen-Transfer-, der Zwischenzeilen-Transfer- und der Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-CCD, dieselbe Grösse hat. Die Tabelle I gibt einen Überblick über die Vor- und Nachteile der verschiedenen beschriebenen Schaltungsstrukturen.

Aus dem Vergleich der Bilder 4 und 5 wird klar, dass der Rahmen-Transfer-Bildsensor, der neben der lichtsensitiven Zone

Chip-Grösse, aber auch eine kleine Öffnungsgrösse. Ihre optische Empfindlichkeit ist somit relativ gering. Typisch für die Rahmen-Transfer-Schaltung und die Zwischenzeilen-Transfer-CCD ist eine relativ hohe Bildverschmierung. Um dieses Problem zu beheben, wurde die Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-CCD geschaffen. Diese hat jedoch die Nachteile der Zwischenzeilen- und der Rahmen-Transfer-Schaltung: niedriges Öffnungsverhältnis und relativ grosse Chip-Abmessungen.

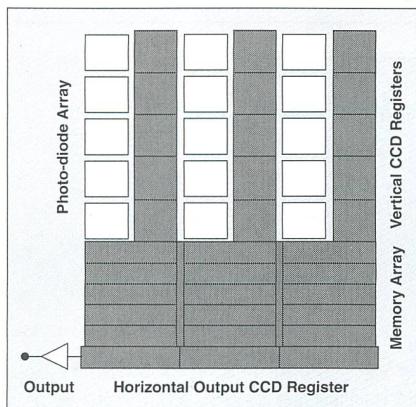


Bild 6 Schaltungsarchitektur eines Rahmen-Zwischenzeilen-Transfer-Bildsensors

eine zusätzliche Speicherzone besitzt, bei gleicher Speicherfläche die grösste Chip-Abmessung hat. Seine gesamte als Bilderzeugungsteil definierte Zone ist lichtsensitiv. Bei der Zwischenzeilen-Transfer-Schaltung ist dies nicht der Fall; die Bilderzeugungszone umfasst neben der lichtsensitiven Struktur auch die lichtunempfindlichen vertikalen Schieberegister. Dies wirkt sich auf das Öffnungsverhältnis aus, welches als Verhältnis der lichtsensitiven Siliziumfläche zur totalen Fläche (Pixel plus die Fläche einer Zelle des vertikalen Schieberegisters) einer CCD-Zelle definiert ist. Die Zwischenzeilen-Transfer-CCD hat zwar eine kleine

findung der CCD so rasch, dass es unmöglich war, alle Details der CCD in diesem Artikel abzuhandeln. Forschung und Entwicklung gehen weiter. Wie diese Anstrengungen sich in neuen Ideen, neuen Strukturen und neuen Patenten niederschlagen, zeigen die jährlich stattfindenden technischen und wissenschaftlichen Konferenzen, zum Beispiel das International Electron Devices Meeting, die International Solid-State Circuits Conference und die Society of Photographic Institute and Engineers Conference. Weitergehende Grundlageninformationen über das besprochene Thema finden sich in den entsprechenden Proceedings.

## Literatur

- [1] K. Hanma and Y. Saito: Fully automatic solid-state colour camera for consumer use, Hitachi Rev., 32 (3), 117-120 (1983).
- [2] M.G. Collet: Solid-state imagers. In P. Balk and O.G. Folberth (eds.), Solid-state Devices 1985, Elsevier, Amsterdam, pp. 183-200, 1986.
- [3] T. Aoki, H. Nakatani, M. Kojima, S. Ohashi, I. Teramoto and H. Mizuno: A collinear 3-chip image sensor, Dig. Technical Papers ISSCC85, New York, pp. 102-103, Feb. 13-15, 1985.
- [4] H. Goto, N. Suzuki and K. Matsushima: A 5000-element CCD linear image sensor, Toshiba Rev., No. 150, pp. 39-43, Winter 1984.
- [5] H. Herbst: The quadrilinear CCD imager - A new device for high resolution imaging, Conf. on Charge-Coupled Device Technology and Applications, Washington, DC, Nov. 11/Dec. 2, 1976.
- [6] G. Declerck, J. Bosiers, J. Sevenhans and L. Van den Hove: A 3456 element quadrilinear CCD with depletion-isolated sensor structure, Technical Dig. IEDM84, San Francisco, pp. 505-508, December 9-12, 1984.
- [7] J. Sevenhans, J. Bosiers, E. Laes and G.J. Declerck: A novel quadrilinear CCD for high resolution line arrays, IEEE Trans. Electron Devices, ED-30 (2), 1776 1779 (1983).
- [8] M.G. Collet, J.G.C. Bakker, L.J.M. Esser, H.L. Peek, M.J.H. van de Steeg, A.J.P. Theuwissen and C.H.L. Weijtens: High density frame transfer image sensors with vertical anti-blooming, Proc. SPIE, 570, 27 34 (1985).
- [9] A. Theuwissen: Charge-coupled devices als Bildaufnehmer, Elektronik (1990)23, p. 76-84.

## Schlussfolgerung

In diesem Artikel konnten nur eine paar wenige Aspekte der CCD und der CCD-Halbleiter-Bilderzeugung diskutiert werden: die grundlegenden Arbeitsprinzipien der ladungsgekoppelten Bildsensoren, die verschiedenen Architekturen der Bildsensoren, einige Eigenschaften der Bildsensoren für TV-Anwendungen und einige neuere Entwicklungen, welche die Leistung der Schaltung verbessern. Die Expansion der Technologie und die Evolution der Schaltungsphysik verliefen seit der Er-

# La silencieuse révolution des puces voyantes

## Capteurs d'images CCD

Cet article donne un aperçu comprimé des fondements de la génération d'images par semi-conducteurs. On décrit la génération d'électrons libres par l'absorption de photons, l'accumulation de charges et le triage des paquets de charges, et compare entre elles différentes architectures de capteurs d'images qui utilisent de manière différente les structures CCD. Ces architectures vont des simples structures linéaires et bilinéaires jusqu'aux agencements bidimensionnels des architectures de transfert de cadres, de transfert d'interlignes et de transfert de cadres-interlignes en passant par les structures quadrilinéaires.

# **RATIONELL UND SCHNELL**

**Befestigungs-Systeme**

## **BETTERMANN**



**Optimale Lösung für alle Bereiche**

**Zeitsparend montieren**

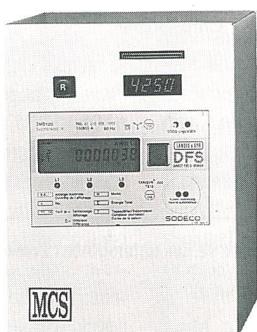
**Wirtschaftliches Arbeiten**



**BETTERMANN AG**

Lochrütiried · CH-6386 Wolfenschiessen · Tel. 0 41/ 65 24 64 · Fax 0 41/ 65 19 37

*Energie à la carte!*



**MCS, das bewährte System für die bargeldlose Energieverrechnung, zeit- oder leistungsbezogen**



**Senden Sie uns bitte ausführliche Unterlagen**

Name/Firma \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_



**EGRO AG**  
5443 Niederrohrdorf  
Tel.: 056 95 95 95  
Fax: 056 96 30 03

**Inserieren Sie im**

**Bulletin SEV/VSE**

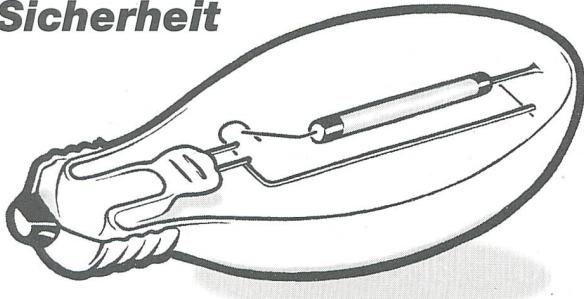
**86% der Leser sind Elektroingenieure ETH/HTL**

**91% der Leser haben Einkaufsentscheide zu treffen**

**Sie treffen ihr Zielpublikum**

**Wir beraten Sie kompetent  
Tel. 01/207 86 34**

## Halbes Licht bei voller Sicherheit



### Energiesparen bei der öffentlichen Beleuchtung

darf nicht auf Kosten der Sicherheit geschehen. Der Einsatz des Blockreglers Ergowat®-25E garantiert Ihnen:

- 30% Energieeinsparung bei voller Sicherheit
- Optimaler Wirkungsgrad
- Einhaltung der bfu- und SLG-Richtwerte
- Kurze Amortisationszeit



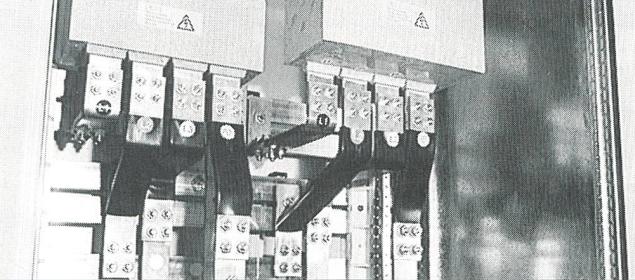
**Ergowat®-25E. Mit Sicherheit die bessere Lösung.**

**Eymann**

G&M



EYmann AG  
Tägetlistrasse 15  
CH-3072 Ostermundigen  
Tel. 031 932 00 21 Fax 031 932 22 77



## LANZ BETOBAR Stromschienen

Für Stromverteilungen in Büro-, Gewerbe- und Industriebauten von 380–6000 A. Schutzart IP 68.7

- Kompakt z.B. 1940 A nur 100×160 mm Außenmaß
- zentimetergenau montierbar in Schaltschränken, Steigzonen, Decken für beste Platzausnutzung
- maximaler Personenschutz, hohe Kurzschlussfestigkeit, wartungsfrei. Schweizer Produkt.

LANZ plant, liefert und montiert BETOBAR. Rufen Sie an:  
**062/78 21 21** Ianz oensingen **Fax 062/76 31 79**

Bitte senden Sie Unterlagen:

- LANZ Kabelträger aus galv. Stahl/Inox/Polyester
  - LANZ G-Kanäle und kleine Gitterbahnen
  - LANZ Verteil-Stromschienen 25–900 A
  - Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!
- Name/Adresse/Tel.: \_\_\_\_\_



**lanz oensingen ag**  
CH-4702 Oensingen · Telefon 062 78 21 21

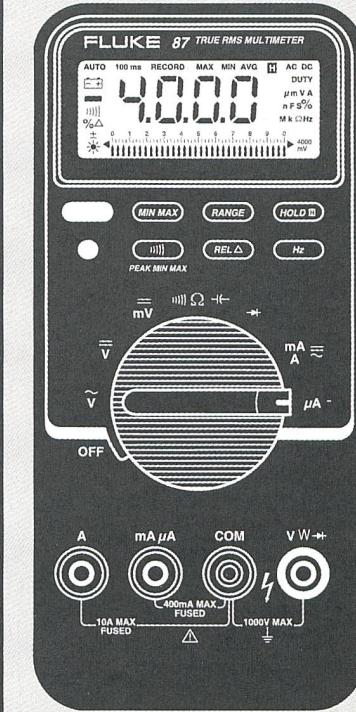
22

## Der Leser ist's

der Ihre Werbung honoriert!

*Multij*  
**Meter**

### 87 True RMS Multimeter



## Das Original...

nur bei FLUKE oder beim autorisierten Distributor erhältlich.

## Top-Class mit Top-Funktion für den Profi.

Weltweit vertrauen unzählige Fachleute auf die Spitzentechnologie der FLUKE Multimeter 80-Serie

- 4½ St. Display, 19.999 Digits
- Hintergrundbeleuchtete Anzeige
- True RMS
- Touch Hold
- Relative Messung
- Frequenz und Pulsbreitenverhältnis
- 1ms Peak Min/Max Hold Funktion

## 3 Jahre Garantie

## Der Leser ist's

der Ihre Werbung honoriert!

The Best in Test & Measurement.

**FLUKE**

Fluke (Switzerland) AG  
Rütistrasse 28  
8952 Schlieren  
Telefon: 01/ 730 33 10  
Telefax: 01/ 730 37 20

Direkt ab Lager bei:

Distrelec AG 01/ 944 99 11  
Grieder AG 061/ 971 38 11  
Elektro-Wiget 041/ 82 16 12

# Cadiba-Profi

Das CAD für den  
Elektro-Installateur  
und -Planer

Mit Fr. 4900.–  
sind Sie dabei

Ihr Weg in die  
rationelle  
Elektroplanung

CADIBA-PROFI  
FÜR DEN  
ELEKTRIKER

**IB\_COM**

IB COM INFORMATIK AG  
Ringstrasse 34, 7000 Chur  
Telefon 081 25 11 55  
Telefax 081 24 35 34

Chur · Bern · Morges  
Rheinfelden (D) · Leipzig (D)