

Bauelemente für die optische Informationstechnik

Autor(en): **Wagner, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **76 (1985)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904534>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Bauelemente für die optische Informationstechnik

E. Wagner

Optoelektronische Bauelemente haben vor allem in der Datenverarbeitung eine immer wichtigere Bedeutung. Der vorliegende Aufsatz zeigt Fortschritte auf dem Gebiet der Halbleiterlaser und LED-Komponenten. Die daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten in der Speicher-, Detektor-, Übertragungs- und Druckertechnik werden beschrieben.

Les composants opto-électroniques prennent de plus en plus d'importance pour le traitement de l'information. L'article expose les progrès obtenus dans le domaine des lasers à semi-conducteurs et des composants à LED, et décrit des possibilités d'emploi en technique des mémoires, détecteurs, transmetteurs et imprimantes.

Mit dem Wachstum der Mikroelektronik untrennbar verbunden ist das Wachstum der Peripherie der Datenverarbeitung, mit der die Daten erfasst, gespeichert, transferiert und wiedergegeben werden. Häufig haben für diese peripheren Techniken optoelektronische Bauelemente eine Schlüsselfunktion. Diese Tatsache erklärt das starke weltweite Wachstum des Optohalbleitermarktes. Während die Entwicklung der integrierten Schaltkreise weitgehend gleichförmig in Richtung auf höhere Integration verläuft, werden an der Peripherie oft gänzlich neue technische Lösungen angegangen. Diese Feststellung verdeutlicht das Beispiel eines elektronischen Dokumentationsarchivs (Fig. 1), in dem Klarschriftinformationen (Berichte, Akten, Zeitungsartikel, Bankformulare) elektronisch abgespeichert werden, damit sie später vom Benutzer aufgerufen werden können. Sie werden ihm entweder am Bildschirm oder als Papiausdruck zur Verfügung gestellt.

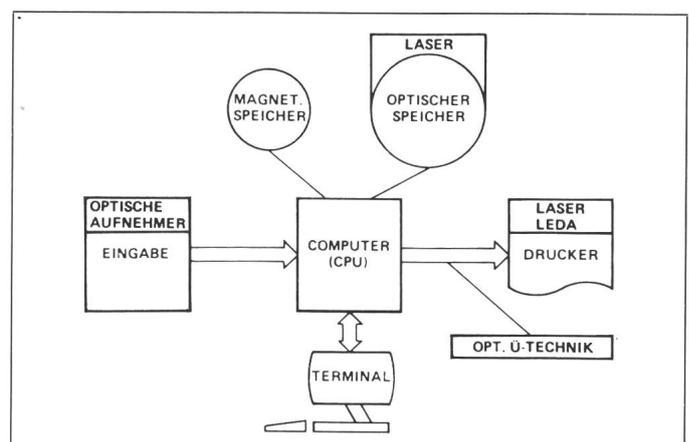
Zur Digitalisierung muss das Original mit einem optischen Scanner erfasst werden, ähnlich wie bei der Telefaxtechnik, jedoch mit einer so hohen Auflösung, dass für den Benutzer kei-

ne Einbusse an Schärfe entsteht. Im Computer werden anschliessend die Daten komprimiert und dann in einem Massenspeicher abgelegt, welcher wegen der erforderlichen hohen Kapazität in Zukunft vorzugsweise ein optischer Massenspeicher (Lasertechnik) sein wird.

Für die Ausgabe steht neben dem Bildschirm ein Drucker von besonders hoher Auflösung zur Verfügung, der mit mindestens 12 Punkten pro Millimeter Korrespondenzqualität erreicht und natürlich auch grafikfähig ist. Für solche Anforderungen bietet sich entweder ein Drucker mit einem Halbleiterlaser oder, technisch noch eleganter, mit einer Leuchtdiodenzeile an. Da die Systemkomponenten optischer Aufnehmer, Computer, Massenspeicher und Ausgabereinheit nicht immer am selben Ort stehen werden, erfordert das System auch Datenverbindungen. Als Lichtwellenleiter können diese auch für grosse Distanzen störungsunempfindlich aufgebaut werden.

Telefunken electronic hat eine Reihe von Komponenten neu entwickelt, die für die optische Peripherie des obigen Beispiels Schlüsselbauelemente darstellen. Im folgenden sollen diese Neuentwicklungen vorgestellt werden.

Fig. 1
Konfiguration eines elektronischen Dokumentationsarchivs mit optoelektronischen Schlüsselkomponenten



Der Aufsatz entspricht dem vom Autor vorgetragenen Fachreferat anlässlich des 19. Technischen Presse-Kolloquiums vom 18./19. Oktober 1984 in Frankfurt/M.

Adresse des Autors

Dr. rer. nat. *Elmar Wagner*, Leiter der Entwicklung Optohalbleiter der Telefunken electronic GmbH, D-7100 Heilbronn.

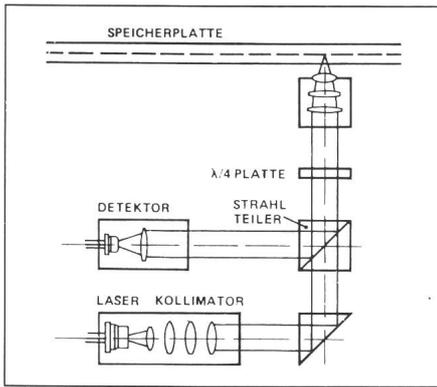


Fig. 2 Schreib-Lese-Kopf für optische Datenspeicherung

Optische Datenspeicher

Der erste optische Speicher, die Compact Disc, ist bereits auf dem Konsummarkt. Er ist ein reiner Lesespeicher. Die Information wird mit Hilfe eines fokussierten Laserstrahls von der Platte gelesen und kann nicht verändert werden. Die optischen Computerspeicher, die sich derzeit in der Erprobung befinden, basieren ebenfalls auf einem Speichermedium in Form einer Platte mit Durchmessern zwischen 10 und 14 Zoll. Der Unterschied zur Compact Disc liegt darin, dass hier das Medium mit einem Laserstrahl reversibel oder irreversibel verändert werden kann. Bei einer der möglichen Techniken schmilzt ein Laserstrahl hoher Leistung in eine dünne Schicht von Tellur ein Loch mit einem Durchmesser von etwa $1 \mu\text{m}$. Dieses kann dann beim Lesezyklus in Form einer Reflexionsänderung als Information ausgelesen werden.

Speicher dieser Art haben aufgrund der hohen Speicherdichte eine Kapazität von 1 bis 10 GByte pro Platte und liegen damit um eine bis zwei Zehnerpotenzen über der magnetischer Plattenspeicher. 1985 werden die Preise für diese Speichermedien bei fünf Cent pro MByte liegen, verglichen mit etwa zehn Dollar pro MByte bei konventionellen Magnetplatten. Löschrare Speichermedien für Schreib-Lese-Anwendungen befinden sich in der Entwicklung. Es wird damit gerechnet, dass Ende dieses Jahrzehnts die optische Speichertechnik etwa die Hälfte des Marktes der Massenspeicher ausmachen wird.

Zum Lesen wie zum Schreiben dieser optischen Speicherplatten werden Laser benötigt, um die Strahlung einer bestimmten Leistung auf einen weniger als $1 \mu\text{m}^2$ grossen Fleck auf der Platte zu fokussieren. Einen Querschnitt durch einen optischen Abtast-

kopf zeigt Figur 2. Die stark divergente Laserstrahlung wird durch einen Kollimator parallel ausgerichtet. Sie durchläuft eine optische Weiche, die polarisationsabhängig die Strahlung ablenkt. Ein zweites Objektiv fokussiert die Strahlung auf die Ebene des Speichermediums. Dieses Objektiv wird mit einer Servospule den Bewegungen des Mediums nachgeführt. Der reflektierte Strahl durchläuft das Objektiv in umgekehrter Richtung und ebenso wie der Primärstrahl ein optisches Element, das die Polarisationssebene um 45° dreht. Dadurch weist der reflektierte Strahl eine um 90° gedrehte Polarisationssebene gegenüber dem Primärstrahl auf und wird mit einer optischen Weiche seitlich auf den Detektor ausgeblendet. Die Information der Platte fällt dort in Form von Intensitätsänderungen des reflektierten Strahls an. Die erforderlichen Servosignale für die Spur- und Fokussachführung werden mit speziellen Techniken ebenfalls durch Analyse des reflektierten Strahls gewonnen.

Beim Lesen von Informationen ist die erforderliche Strahlungsleistung gering; es genügt eine fokussierte Leistung von etwa $200 \mu\text{W}$. Entscheidend ist jedoch die Fleckgrösse, die zum einen von der numerischen Apertur¹⁾ der Optik, zum anderen von der Qualität der Strahlungsquelle abhängt. Beim Schreiben von Information wird neben den guten Abbildungseigenschaften eine Energie von etwa 1 nJ innerhalb der Schreibzeit von 50 ns benötigt. Unter Berücksichtigung aller Verluste in der Optik bedeutet dies eine Pulsleistung des Lasers von etwa 60 mW . Der V-Nut-Laser von Telefun-

¹⁾ Mass für die Leistungsfähigkeit eines optischen Systems

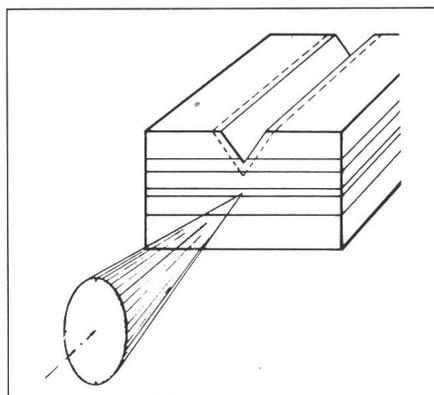


Fig. 3 V-Nut-Laser als Strahlungsquelle für optische Datenspeicherung

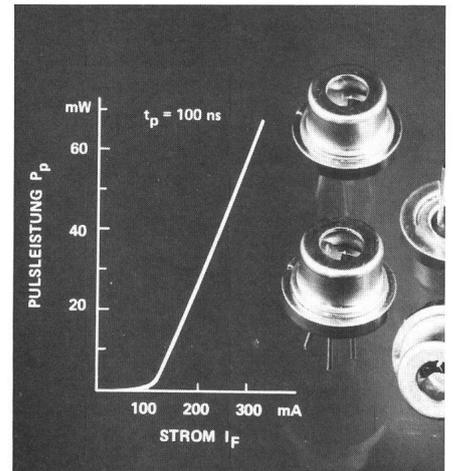


Fig. 4 Laserbauelemente für optische Datenspeicher

ken electronic erfüllt die Bedürfnisse der optischen Speichertechnik. Denn einerseits ist er ein Dauerstrichlaser mit der nötigen Qualität der Wellenfronten und damit der Fokussierbarkeit der Strahlung, zum anderen ist er für hohen Ausgangsleistungen geeignet. Die Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch den Laser mit der aktiven Zone, in der die Strahlung erzeugt wird, und mit der V-Nut, die den Streifen, den Resonator, festlegt.

Bei der Entwicklung des Lasers standen eine Optimierung der Abmessungen und der Zusammensetzung der Zonen, die für die Laserwirkung entscheidend sind, im Mittelpunkt sowie eine teilweise externe Verspiegelung der Endflächen des Resonators, welche die Leistung des Nutzstrahls steigern sollte. Der neue Laser mit der Typennummer TXAF 8201 (Fig. 4) ist geeignet für eine maximale Pulsleistung von 60 mW . Er weist im Gegensatz zu sogenannten PulsLasern die hervorragenden Strahleigenschaften eines Dauerstrichlasers auf, so dass er in der Technik des Direct-Read-After-Write (DRAW) unmittelbar auch als Strahlungsquelle für den Lesevorgang verwendet kann. Die Figur 4 zeigt die ausgezeichnete Linearität zwischen Betriebsstrom und Strahlungsleistung.

Für die Anwendung in der Speichertechnik, aber auch bei vielen anderen Einsatzmöglichkeiten des Halbleiterlasers, wird ein gut kollimierter Parallelstrahl benötigt. Damit lassen sich überall, wo bislang Helium-Neon-Laser verwendet werden und die Infrarotwellenlänge (780 nm bis 850 nm) des Halbleiterlasers akzeptabel ist, dessen besondere Vorteile nutzen, nämlich kleine Abmessungen, gerin-

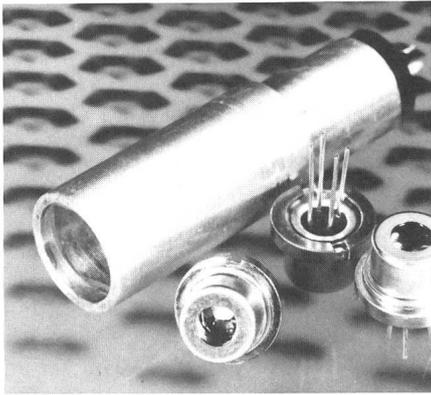


Fig. 5 Lasermodul mit Halbleiterlaser und Kollimator

ges Gewicht, niedrige Versorgungsspannung und direkte Modulierbarkeit über den Versorgungsstrom. Für alle diese Einsatzfälle entwickelte das Halbleiterwerk Heilbronn ein elektrooptisches Modul, bestehend aus dem Halbleiterlaser mit den elektrischen Anschlüssen für Treiberstrom und Monitordiode auf der einen Seite und einem speziell an die Emissionscharakteristik des Lasers angepassten Kollimatorobjektiv für einen genau spezifizierten Parallelstrahl auf der andern Seite. Der Strahl hat einen Durchmesser von 4,5 mm und eine beugungsbegrenzte, d. h. allein durch den Strahldurchmesser bestimmte, an der physikalischen Grenze liegende Divergenz von 0,3 mrad. Durch die spezielle Optik und die mikrometergenaue Justierung der Komponenten zueinander sind somit alle laserspezifischen Abweichungen von der idealen Punktquelle kompensiert. Einen Prototyp dieses elektrooptischen Moduls, das Anfang 1985 in Produktion gehen wird, zeigt Figur 5. Sein Einsatzbereich wird neben der Speichertechnik auch beim Laserdrucker, Laserscanner, Entfernungsmesser und in der Messtechnik liegen.

Optische Aufnahmeeinheiten

In der Detektortechnik setzt sich ebenfalls die Integration zunehmend durch, und zwar in zwei Richtungen. Wenn eine hohe räumliche Auflösung für die Analyse gefordert ist, müssen Detektordioden möglichst dicht angebracht werden, um optisch unempfindliche Bereiche zwischen den Empfängerflächen zu vermeiden. Im anderen Anwendungsfall soll eine Signalverarbeitung geringer Komplexität an den optisch-elektrischen Wandler angeschlossen werden; z.B. soll ein Ver-

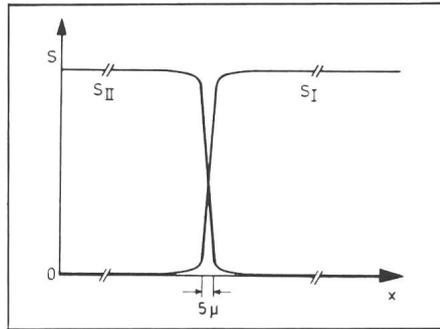


Fig. 6 Hochauflösender Quadrantendetektor

x Ortskoordinate
S Signale der Quadranten I bzw. II

stärkerelement mit der Empfängerdiode integriert werden.

Für den erstgenannten Fall der hohen räumlichen Auflösung wurde ein Element entwickelt, dessen Dioden einen geometrischen Abstand von nur $5 \mu\text{m}$ aufweisen. Fährt ein Lichtpunkt von $5 \mu\text{m}$ Durchmesser über die Grenze zwischen den Dioden, so lösen sich die elektrischen Signale, wie Figur 6 zeigt, ohne Zwischenraum und ohne Überlappung ab. Diese Technologie findet Verwendung bei hochauflösenden Quadrantendetektoren, wie sie z. B. in Abtastsystemen der optischen Speichertechnik zum Erzeugen der Servo-Kontroll-Signale verwendet werden.

Im Falle der monolithischen Integration von Empfängerdioden mit Schaltungselementen wie Transistoren und Widerständen sind die Ziele ein verbesserter Störabstand und eine Anpassung an die Digitalelektronik. Die Figur 7 zeigt zwei Beispiele aus diesen Entwicklungen: einen Schaltkreis mit Diode, Vorverstärker, Schmitt-Trigger und TTL-Ausgang sowie die Maske eines Differenz-Schaltkreises mit zwei gleichen Dioden und dem Vor- und Differenzverstärker. Die Anwendung solcher meist kundenspezifisch entwickelter Bausteine liegt bei Doku-

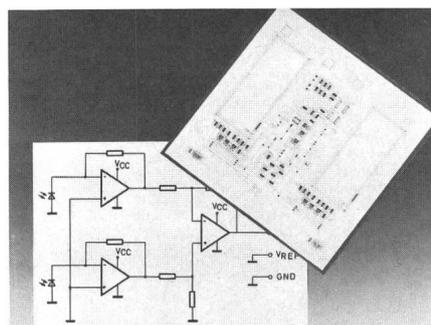


Fig. 7 Integrierte Schaltungen von Photodetektoren und Verstärkerbausteinen

menten-Scannern, optischen Bewegungs-Encodern sowie bei der optischen Übertragungstechnik mit Lichtleitern oder in Kopplern. Die Entwicklung auf dem Detektorgebiet wird weitergehen in Richtung auf immer komplexere Anordnungen von Empfängern und Schaltungselementen.

Optische Übertragungstechnik

Auf dem Gebiet der Übertragungstechnik mit Glasfasern, deren Vorteile gegenüber der elektrischen Übertragung bekannt sind, verfolgt Telefunken electronic eine ähnliche Tendenz in Richtung auf komplexere optoelektronische Bauelemente und Einheiten. Aus der breiten Palette an Bauelementen sei je eine Neuentwicklung aus der Sender- und der Empfängerseite herausgegriffen: ein Halbleiterlasereinebauelement mit thermoelektrischer Temperaturstabilisierung und ein hybrid aufgebauter Glasfaserempfänger mit einem Transimpedanzverstärker.

Halbleiterlaser haben, wie auch Leuchtdioden, die Eigenschaft, die Emissionswellenlänge mit der Temperatur um etwa $0,3 \text{ nm}$ pro Grad zu verschieben. Für bestimmte Anwendungszwecke, wie sie sich in der Fasermesstechnik oder in Faserkreisläufen ergeben, muss die Wellenlängenänderung des Senders in engen Grenzen gehalten worden. Für solche Zwecke wurde ein Laserbauelement mit integriertem thermoelektrischem Kühler entwickelt. Die Figur 8 zeigt dieses Bauelement mit einem Peltierkühler. Er kann maximal 600 mW an Verlustleistung abführen und das Laserbauelement, das sich auf der Wärmesenke befindet, auf 25°C Umgebungstempe-

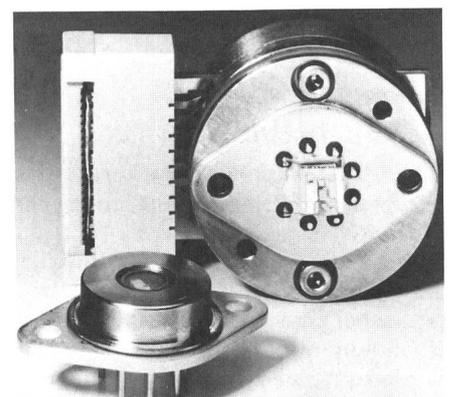


Fig. 8 Laserbauelemente mit thermoelektrischem Kühler

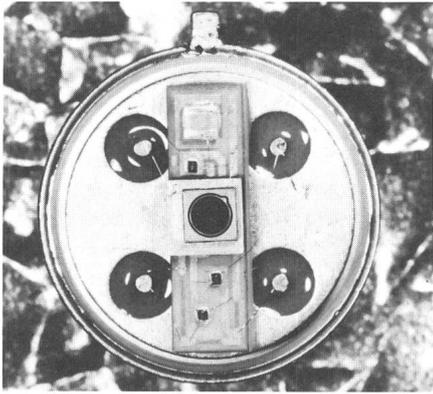


Fig. 9 Hybridempfänger für die Lichtwellenleitertechnik

ratur halten. Zur Temperaturkontrolle ist auf der Keramikplatte ein NTC-Widerstand integriert. Über die Detektordiode wird der rückwärtige Strahl des Lasers erfasst, womit ein Signal zur Stabilisierung der Ausgangsleistung zur Verfügung steht.

Bei der Detektion von Lichtwellenleitersignalen hoher Bandbreite ist es wünschenswert, schon innerhalb des Detektorgehäuses das Empfangssignal zu verstärken, um bei der weiteren Verarbeitung einen hohen Störabstand zu erreichen. Dies führt zu einer höheren Übertragungssicherheit und einem grösserem Entfernungs-Bandbreite-Produkt. Für solche Anwendungen wurde eine Dünnschicht-Hybrid-Schaltung entwickelt (Fig. 9), die aus einer Pin-Photo-Diode und einem Transimpedanz-Verstärker besteht. Die Einheit liefert eine Signalkonversion von 10 mV pro $1 \mu\text{W}$ empfangener Strahlungsleistung. Bei einer Bandbreite von 50 MHz beträgt das Signal-Rausch-Verhältnis 50 dB. Dieses Bauelement befindet sich derzeit im Erprobungsstadium und wird Anfang 1985 in das Glasfaser-Produktprogramm aufgenommen werden.

Bauelemente für Ausgabeinheiten

Bei Non-Impact-Druckern, die nach dem elektrophotographischen Verfahren arbeiten, wird eine photoleitende Trommel mit dem Bild der auszudruckenden Information belichtet. Dabei erzeugt eine Entladung über Photoleitung ein Ladungsbild. Dieses wird dann mit Hilfe eines Toners als Schwarz-Weiss-Bild auf Papier übertragen.

Für die Belichtung bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, von denen zwei auf Bauelementen der Halbleiter-Optoelektronik basieren und mit Neuentwicklungen von Telefunken electronic durchgeführt werden können: entweder die Belichtung mit einem fokussierten, die Trommel in axialer Richtung abscehnenden Strahl eines Halbleiterlasers oder durch Abbildung einer mechanisch ruhenden, elektronisch angesteuerten Zeile von Leuchtdioden. Beim Laserdrucker wird wegen der zum Infrarot hin stark abfallenden spektralen Empfindlichkeit des Photoleiters ein Laser kurzer Wellenlänge benötigt, z. B. der Typ TXAD 7900. Er liefert bei einer Emissionswellenlänge zwischen 780 nm und 800 nm eine Dauerstrichleistung von 10 mW. Vorzugsweise wird für diesen Einsatzfall auch das entsprechende, bereits beschriebene Laseroptikmodul verwendet, um mit einem gut definierten Parallelstrahl die druckerspezifische Optik zu beleuchten. Für die axiale Bewegung des Laserstrahls über die Trommel sorgt ein rotierendes Polygon oder ein holographischer Ablenker.

Diese zusätzliche mechanische Bewegung, die mit den anderen Bewegungen von Trommel und Papier synchronisiert werden muss, kann durch die neuentwickelte, A4-breite LED-Zeile TPHM 8080 mit dem Akronym *Leda* (LED-Array) völlig eingespart werden. *Leda* ist ein $24 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ grosses Hybrid auf einem Keramiksubstrat, auf dem 2560 Rot-LED aus Gallium-Arsenid-Phosphid sowie 20 integrierte Siliziumschaltkreise für die Ansteuerung der Leuchtdioden integriert sind (Fig. 10). Die Leuchtdiodenzeile besteht aus monolithischen Einzelstük-

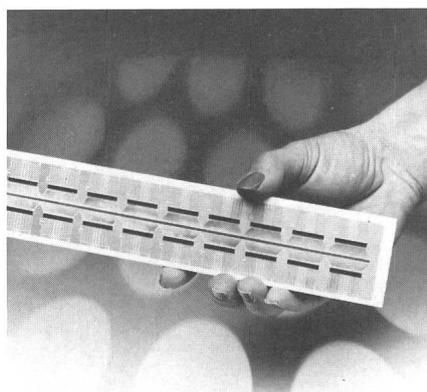


Fig. 10 Leuchtdiodenmodul LEDA mit 2560 LED für elektrophotographische Drucker

ken von 15 mm Länge. Die IC haben eine Fläche von je 36 mm^2 . Das in ein Bitmuster aufgelöste Schriftbild, das die LED-Zeile darstellen soll, wird über einen 8-bit parallelen Datenstrom in die Schieberegister der IC mit einer Maximalfrequenz von 500 kHz, entsprechend 4 Mbit/s, eingelesen. Ein Strobe-Puls löst die Übergabe des Bitmusters vom Schieberegister an einen Daten-Pufferspeicher aus. Über ein weiteres Aktivierungssignal werden die LED gemäss dem gespeicherten Bitmuster eingeschaltet.

Die LED haben ein Rastermass von $85 \mu\text{m}$, d. h. die Auflösung der Zeile beträgt 300 Bildpunkte pro Zoll oder 12 pro mm. In einer anderen Version für kürzere Zeilen beträgt das Rastermass $62,5 \mu\text{m}$, das entspricht etwa 400 Punkten pro Zoll oder 16 pro mm. Die LED-Zeilen sind als TPAC 6050 und TPAC 6080 auch einzeln in Chipform erhältlich.

Der typische Betriebsstrom der Leuchtdioden liegt zwischen 3 mA und 5 mA, wobei eine Leuchtdiode dann etwa $10 \mu\text{W}$ oder 0,5 m lum liefert. Eine Besonderheit der Zeilen ist ihre hochgenaue Anreihbarkeit, die es ermöglicht, die Fügstellen in der Anwendung unsichtbar bleiben zu lassen. Bei der 2560-Elemente-Zeile wird eine Genauigkeit des Rasters an der Fügstelle von $20 \mu\text{m}$ garantiert. Der typische Wert liegt bei $7 \mu\text{m}$.

Durch den Wegfall der mechanischen Bewegung beim Belichtungsvorgang ergeben sich für den Druckerhersteller erhebliche Vereinfachungen des elektromechanischen Aufbaus und Verbesserungen in der Zuverlässigkeit. Gegenüber den ebenfalls einsetzbaren Lichtschalterzeilen hat *Leda* den Vorteil, ein aktiv strahlendes Bauelement zu sein, so dass der Aufwand für eine externe Strahlungsquelle und für die Lichtverteilung auf die Papierbreite eingespart werden kann. *Leda* stellt damit einen wesentlichen Beitrag zur Vereinfachung der elektrophotographischen Drucker dar.

Zusammenfassend betrachtet kann festgestellt werden, dass durch diese Neuentwicklungen im Bereich Opto-Halbleiter einige Beiträge zur technischen Innovation an der Peripherie von Mikroelektronik und Datenverarbeitung geleistet worden sind. Das Ziel wird auch in Zukunft sein, immer komplexere Einheiten zu funktionalen Blöcken zusammenzufassen, um damit dem Anwender leicht einsetzbare Funktionseinheiten anbieten zu können.