

**Zeitschrift:** Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

**Herausgeber:** Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

**Band:** 49 (1976)

**Heft:** 2

**Artikel:** Optoelektronik : eine neue Dimension der Halbleitertechnik : Vortrag

**Autor:** Strack, Hans

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-561614>

### 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:** 23.02.2026

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

Die Tauben schlagen sofort, ohne einen einzigen Kreis, Heimrichtung ein. Sie überqueren das Justistal und gleiten dann in sausendem Flug mit einer Geschwindigkeit von über 100 km/Std. den Hängen des Sigriswilergrates entlang zu Tal, immer Bodensicht behaltend. Im starken Dunst ist diese schlecht genug, in der Horizontalen niemals mehr als 2 km. Aber das ist der entscheidende Unterschied zum Flug vom Vormittag: Sie verlieren den Boden unter sich nie aus der Sicht!

So gelangen sie auf der Höhe von Thun, das sie links liegen lassen, unter die Nebeldecke und fliegen jetzt, oft nur wenige Meter über Boden ins Aaretal hinein. Bei Kiesen queren sie die Aare und fliegen nun den Hängen des Belpberges entlang, tief über die Höfe von Schlupf, Rüti und Rohr hinweg. Die höheren Teile des Belpberges sind unsichtbar im Nebel, die Bodensicht beträgt nach wie vor nur 2 km, von Sonne keine Spur. Die Tauben fliegen aber unentwegt in Heimrichtung mit einer Geschwindigkeit von 70 km pro Stunde. Schwarz und Fahl wechseln in der Führung ab. Um 15.50 Uhr ist das Belpmoos erreicht. Die blaue Täubin hängt zurück und verliert den Anschluss an die vier anderen, die wir weiter verfolgen bis ins Murifeld. Knapp über den Dächern fliegen sie genau die Stadt Bern an.

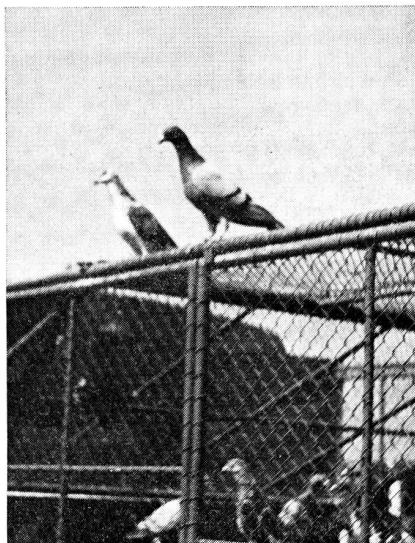
Um 15.56 Uhr brechen wir hier die Verfolgung ab. Mit doppelter Geschwindigkeit (die normale Reisegeschwindigkeit des Helikopters beträgt 160—180 km/Std.) fliegen wir nach Diemerswil bei Münchenbuchsee, wo wir einen Passagier ausladen, und landen um 16.05 Uhr beim Heimatschlag in Grächen. Unmittelbar nachher, um 16.06 Uhr trifft die Gruppe der vier Täubinnen Schwarz, Fahl, Rot und Scheck im Schlag ein, um 16.12 Uhr folgt die blaue.

Welch erstaunliche Leistung haben die Tiere vollbracht! Sie haben die in der Luftlinie 46 km messende Heimflugstrecke vom

Gipfel des Niederhorn nach Grächen bei sehr schlechten Sichtbedingungen in 39 Minuten bewältigt.

«Geflügelte Boten» — sie haben ohne Zweifel nach wie vor ihre Existenzberechtigung in der Armee: Es war ein guter Entschluss, trotz Sparprogramm den militärischen Brieftaubendienst beizuhalten. Immer wieder wird es im Uebermittlungsdienst Situationen geben, wie wir sie mehrmals erlebt haben: dass, wenn die Feldzentrale überlastet ist und der Funk aus irgendeinem Grunde ausfällt, als rettendes Verbindungsmittel die Brieftauben zur Verfügung stehen. Sie können es, sie tun es — und lassen die Wissenschaftler weiter an ihrem wohl gehüteten Geheimnis knobeln.

Gerhart Wagner



Nach 39 Minuten haben die Tiere die 46 km messende Strecke durchgeflogen und mit sicherem Instinkt den Heimatschlag erreicht.

der Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie eine zunehmend grosse Rolle spielt. Als Vertreter der 2. Kategorie sollen die bekannten Ziffernanzeigen in Fernsehgeräten, Taschenrechnern und Uhren beispielhaft erwähnt werden. Je kürzer die Wellenlänge der Strahlung, desto höher ist deren Energie, und umso grösser muss die Energiedichte des verwendeten Halbleitermaterials sein. Anwendungstechnisch wird der interessante Wellenlängebereich von etwa 14  $\mu\text{m}$  bis 0,4  $\mu\text{m}$ , d.h. vom fernen Infrarot bis zum Ultravioletten, überstrichen. In diesem Bereich liegen auch die sogenannten atmosphärischen Fenster, in denen die Atmosphäre weitgehend transparent ist. Sie stellen Uebertragungskanäle dar, über die sowohl natürliche Sender und Empfänger wie Sonne und menschliche Auge als auch technische Sender und Empfänger wie Laser und Photodioden miteinander gekoppelt werden können.

#### Bauelemente und Systeme der Optoelektronik

Im folgenden werden — getrennt nach Wellenlängenbereichen — neuere Bauelemententwicklungen und spezielle Systemlösungen behandelt. Die römischen Zahlen geben die Lage dieser Wellenlängenbereiche an: der sichbare Bereich bis 0,8  $\mu\text{m}$  (I), das nahe Infrarot um 1  $\mu\text{m}$  (II), das mittlere Infrarot um 5  $\mu\text{m}$  (III) und das ferne Infrarot um 10  $\mu\text{m}$  (IV).

#### Sichtbarer Wellenlängenbereich

In Zukunft geht die Entwicklung sowohl auf der Empfängerseite als auch auf der Senderseite wie auf dem Gebiet der übrigen Halbleitertechnik in Richtung fortschreitender Integration, so in einen monolithisch integrierten Photo-IC, der auf einer Fläche von 2 mm x 2 mm sowohl die 1 mm x 1 mm grosse Photodiode zum Lichtempfang als auch die weiterverarbeitende Elektronik enthält, hergestellt wird. Der temperaturkompensierte Schaltkreis kann entweder als Photoschwellwertschalter, als Impulsverstärker oder als Linearverstärker für die Messung von Beleuchtungsstärken bis herab zu 10<sup>-2</sup> Lux, das entspricht der Beleuchtung bei Halbmond, eingesetzt werden. Er eignet sich universell für Anwendungen in der Belichtungs- und Beleuchtungssteuerung, für die direkte Ansteuerung von Relais in Lichtschranken und für Messzwecke.

An die Grenze der derzeitigen Halbleiter-Bildwiedergabetechnik stossen Versuche, etwa durch Zusammenfasung von drei Leuchtdioden in den Farben Rot-Grün-Blau — wobei die letztere erst im Laborstadium ist — farbige Bildpunkte für einen flachen Farbfernseh-Bildschirm herzustellen. Bei etwa einer halben Million Bildpunkte und einem Röhrenpreis von etwa 1000 Franken darf er aus drei Dioden bestehende Bildpunkt nicht mehr als 2/10 Rappen kosten. Heute liegt der Preis von

## Optoelektronik — eine neue Dimension der Halbleitertechnik

Die Geschichte der Technik — soweit wir sie zurückverfolgen können — wurde in der Vergangenheit durch die Mechanik geprägt. Sie wird in der Gegenwart von der Elektronik beherrscht und wird in Zukunft von der Optik bestimmt sein. Einschliesslich der überleitenden Gebiete der Elektromechanik einerseits und der Optoelektronik andererseits hat sich diese Entwicklung naturgemäss an dem Bedarf des Menschen und an der Fähigkeit der Menschen, grosse Datenmengen verarbeiten zu müssen,

orientiert. Die Halbleiter-Optoelektronik, ein Teilgebiet der Optoelektronik, das sich mit dem Einsatz von halbleitenden Materialien beschäftigt, ist in besonderem Massse in die Entwicklung von System integriert, die der Informationsaufnahme, der Informationsübertragung, der Informationsausgabe, der Informationsspeicherung dienen. Für alle diese Systeme werden optoelektronische Halbleiterbauelemente Schlüsselbauelemente sein.

Halbleiterbauelemente können — je nach verwendetem Ausgangsmaterial — Licht, oder allgemein ausgedrückt, elektromagnetische Strahlung, empfangen oder aussenden. Als prominenter Vertreter der ersten Gruppe sei die Solarzelle genannt, die bei

Fachreferat von Dr. rer. nat. Hans Strack,stellv. Entwicklungsleiter im Fachbereich «Halbleiter»

Einzeldioden selbst bei grossen Stückzahlen noch bei 25 Rappen. Neben dieser kommerziellen Barriere ist die physikalisch-technische Grenze des Wirkungsgrades zu reachten, der bei Leuchtdioden relativ klein ist. Für den Betrieb eines flachen Leuchtdioden-Bildschirms müssten einige Kilowatt aufgebracht werden, was allgemein aus Wärmeableitungsgründen sehr schwierig sein dürfte. Für spezielle Anwendung, wie die Bildwiedergabe im Scan-Verfahren oder zur Bildaufzeichnung auf Filmen, werden monolithisch integrierte Lineararrays jedoch bereits verwendet.

Ausgangsmaterial für alle Leuchtdioden moderner Bauart sind GaP-Substratscheiben, die in einem komplizierten Prozess in einer Hochdruckapparatur, die für einen Druck von etwa 40 Atm ausgelegt sein muss, hergestellt werden. Auf diesen Scheiben werden in einem Epitaxieprozess eine oder mehrere GaAsP- oder GaP-Schichten abgeschieden, ehe die eigentliche Diodenfabrikation beginnen kann. Es sind in der letzten Zeit Versuche unternommen worden, diesen Prozess so zu vereinfachen, dass GaP-Material bei Atmosphärendruck in einer Qualität hergestellt werden kann, die es erlaubt, ohne zusätzliche Epitaxieschritte auszukommen. Hierzu wurde das bekannte SSD-Verfahren (Synthesis Solute Diffusion) so modifiziert, dass zum einen Einkristalle gezogen werden können, zum anderen eine hohe Ausbeute bei der Kristallzucht erreicht wird und schliesslich durch geeignete Dotierung während des Ziehprozesses eine Kristallqualität erreicht wird, die es erlaubt, in einem Prozessschritt grün-emittierende Dioden herzustellen.

Das SSD-Verfahren beruht auf der Diffusion von Phosphor, der aus einer Verdampfungsquelle stammt, durch Gallium aus einem Schmelzreservoir im oberen Teil der Apparatur. Bei geeigneter Temperaturlösung scheidet sich dann einkristallines GaP aus der Schmelze ab. Durch die Einführung des Schimmerprinzips senkt sich die Schmelzone, so dass die Wachstumszone immer auf derselben Temperatur bleibt, während die Dotierelemente Schwefel und Stickstoff gleichzeitig eingebaut werden. Nach diesem Verfahren hergestellte Dioden haben Helligkeitswerte erreicht, die innerhalb der Streuverteilung konventionell hergestellter Dioden liegen,

#### Nahes Infrarot

Im nahen Infrarot liegt heute die Domäne der Informationsübertragung sowohl der mediengebundenen Uebertragung mit Hilfe der Glasfaser als auch der nicht an irgendwelche Leitungen gebundenen Uebertragung durch den freien Raum. Letztere wird vorwiegend bei kürzeren Uebertragungsstrecken wie Fernsteuerung eines Fernsehgerätes, Tonübertragung bei Kopfhörern oder bei Blitzauslösern angewandt. Hierbei handelt es sich um neue, interessante Anwendungen konventioneller Bau-

elemente wie IR-Dioden und Photodioden. Anders liegen die Dinge bei der Glasfaserübertragung. Dauerstrich - GaAlAs-Laser haben in zur Zeit noch laufenden Versuchen Lebensdauerwerte von mehr als 2 000 Stunden erreicht. Die Herstellungstechnik für Glasfasern ist soweit verbessert worden, dass Dämpfungswerte von 2,8 dB/km bei einer Wellenlänge von 1,06  $\mu\text{m}$  und 8 dB/km im Bereich von 0,8—0,9  $\mu\text{m}$  erreicht wurden. Glasfaserstrecken der 2. Stufe werden im Hinblick auf ihren Einsatz im postalischen Bereich, z.B. zur Verbindung von Telefonämtern, untersucht. Es handelt sich dabei um die Uebertragung der unteren Hierarchiestufen eines Pulsmodulations-Systems einschliesslich des PCM 240-Systems. Alle Halbleiterbauelemente, die für die aufgeführten Systeme benötigt werden sowie Glasfasern und optische Verbindungsstecker sind entweder bereits kommerziell erhältlich oder befinden sich in einem fortgeschrittenen Stadium der Entwicklung. Die speziell für die Glasfaserübertragungstechnik entwickelte Photolawinendiode BPW 28 hat ein Verstärkungsbandbreiteprodukt von 300 GHz, ein Wert, der bisher weltweit noch nie erreicht wurde.

Sämtliche im Standard-Verkaufsprogramm vorhandenen Empfänger- oder Senderelemente können in beliebiger Weise mit Glasfaserstrecken gekoppelt werden. Außerdem sind optische Durchführungen, optischen Verbindungen und Ausführungsformen für die Verwendung in Printplatten erhältlich. Um der Glasfasetchnik auf breiterer Basis als bisher zum Durchbruch zu verhelfen, wurde angestrebt, bei geringstem Preis für das komplette System noch annehmbare Spezifikationen zu erreichen, anstatt ein hochspezialisiertes System für Einzelanwendungen und entsprechend hohem Preis zu konzipieren. Die Preise für einen vollständigen Bauelementesatz beginnen bereits bei Fr. 100.—. Mit diesem V 300 P-System ist das erste Raten und kürzere Entfernung auf den Markt gekommen.

#### Mittleres Infrarot

Im Bereich des mittleren Infrarot soll mit einem Gasanalysensystem eine interessante Anwendung herausgegriffen werden. Die Transmission der Atmosphäre hat in einigen Wellenbereichen sehr niedrige Werte. Diese werden entweder durch natürliche Bestandteile der Luft selbst oder durch von Abgasen hervorgerufene Verunreinigung wie z. B. durch Oxide des Stickstoffs, Kohlenstoffs und Schwefels hervorgerufen. Ein System bestehend aus IR-Emitter und IR-Empfänger könnte daher dazu benutzt werden, aus dem Grad der Signalschwächung die Verunreinigungs-Konzentration zu bestimmen. Um eine hohe Auflösung sowohl bezüglich des Spektralverhaltens als auch der Signalstärke zu erhalten, wurden ein PbSSe-Laser sowie ein darauf abgestimmter breitbandiger Detektor aus PbSnTe

entwickelt. Luftverunreinigungen in der Grössenordnung von 1 Teil auf 1 Million (1 ppm) können hiermit bei 1 m Messstrecke analysiert werden. Die Feinabstimmung des Lasers entweder durch Temperatur, Druck oder Magnetfeld erlaubt eine Spektroskopie mit etwa 10<sup>4</sup>-fach grösserer spektraler Auflösung als konventionelle Gitterspektrographen.

#### Fernes Infrarot

Ein neues umfangreiches Anwendungsbereich für Bauelemente der Halbleiter-Optoelektronik eröffnet sich in dem Bereich der Wärmebildgeräte. Im Gegensatz zum normalen Sehen, bei dem der Bildeindruck durch die Reflexion von Licht, also Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich, an dem betrachteten Gegenstand erzeugt wird, wird beim Wärmebild die emittierte Strahlung des Gegenstandes ausgenutzt. Bei Raumtemperatur liegt sie im Wellenlängenbereich von 10  $\mu\text{m}$ . Kleinste Temperaturunterschiede bis zu Bruchteilen eines Grades oder kleinste Unterschiede des Emissionsvermögens können noch in einigen Kilometern Entfernung wahrgenommen werden. Das Herz dieser Kamera sind zwei Halbleiterbauelemente. Auf der Empfängerseite befindet sich eine monolithisch integrierte Detektorzeile, denen verstärktes Empfangssignal dazu benutzt wird, die Helligkeit einer monolithisch integrierten Leuchtdiodenzeile zu modulieren. Für die Detektorzeile wird ein Halbleitermaterial wie InSb oder CdHgTe mit kleiner Energiefalte, für die Leuchtdiodenzeile ein Material mit grosser Energiefalte wie GaAsP als Sender benutzt. Ein 50-Element-Infrarotdetektor als Bauelement ist eingebaut in einer kühlbaren Vakuumröhre. Mit dieser Röhre bestückte Geräte können neben offensichtlichen Anwendungen wie zur Beurteilung der Temperaturverteilung in Flüssen in der Nähe von Kühlwassereinläufen oder der exakten Messung der Körpertemperatur zu medizinischen Zwecken auch der Erhöhung der Verkehrssicherheit im Flug-, Eisenbahn- und Strassenverkehr dienen.

Die wenigen Beispiele verdeutlichen die Bedeutung der Optoelektronik auf vielen Gebieten neuer technologischer Entwicklung.

## Schweizer Armee

#### Jubiläumsschrift FAK 2

Aus Anlass des 100jährigen Bestehens der eidgenössischen Truppen gab das FAK 2 ein reich illustriertes Werk unter dem Titel «Das Feldarmee Korps 2 in der 100jährigen Geschichte der Schweizer Armee» heraus. Preis Fr. 19.80 (für Angehörige des Korps Fr. 14.80). Bestellung an das Kommando FAK 2, Postfach, 6010 Kriens.