

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 51 (1960)
Heft: 14

Rubrik: Mitteilungen SEV

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: 16.02.2026

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

hört. In den weitaus meisten Fällen kommt dieser Erscheinung keine praktische Bedeutung zu. Unter besondern Umständen, so vor allem bei hoher Druckbeanspruchung und anschliessender, kurzfristiger Entlastung, wie dies etwa bei Druckproben in Druckleitungen der Fall ist, kann die bei der Entlastung einsetzende Wasserstoffentwicklung zu Blasen führen. Besonders anfällig dafür sind Schweißnahtzonen. Je hochwertiger und gasundurchlässiger ein Anstrich ist, desto eher tritt Blasenbildung ein; wegen der allgemeinen Schutzwirkung sind jedoch gerade möglichst dichte Anstriche erwünscht. Günstig sind Grundierungen, die möglichst tief in die Poren eindringen und so die innere Zinkoberfläche verkleinern.

Da die bis heute in der Praxis beobachteten Blasen fast ausschliesslich im Verlauf oder doch kurz nach der Druckprobe auftraten, seien nachfolgend die aus unsrern Untersuchungen ableitbaren, vorbeugenden Massnahmen kurz zusammengestellt:

1. Zur Druckprobe am fertig behandelten Rohr sollte kein alkalisch reagierendes Wasser verwen-

det werden, also kein Rigolen- oder Stollenwasser, das Zementstaub mit sich führt oder lösliche Anteile des Betons enthält. Die Prüfung des Wassers auf Alkalinität kann in einfacher Weise mit Indikatorpapier erfolgen.

2. Die Entlastung nach der Druckprobe darf bei fertig behandelten Rohren nicht kurzfristig erfolgen, sondern es soll der Druck über eine längere Zeitspanne — bei unsrern Versuchen während 36 h — allmäglich absinken.

3. Am zweckmässigsten wäre wohl, die Druckprobe überhaupt vor dem Aufbringen des Korrosionsschutzbelages vorzunehmen.

Im übrigen wird das wegen lokaler Angriffe nötige völlige Überdecken der Spritzzinkoberfläche durch Anstriche sehr erleichtert, wenn die nahezu stets vorhandenen, lockeren Zinkkörner vor dem Anstrich durch leichtes Abziehen entfernt werden.

Adresse des Autors:

Dr. M. Hochweber, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, Postfach Zürich 23.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Journées de la Lumière, Paris 1960

061.3(44) : 628.97

1. Allgemeines

Alljährlich wird in unserem westlichen Nachbarland während einiger Tage den Fragen des Lichtes und der künstlichen Beleuchtung besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Organisatorin der stets interessanten und in gediegenem Rahmen veranstalteten Anlässe ist die «Association Française de l'Eclairage» (AFE), ein Zusammenschluss von rund 1200 Wissenschaftern und Fachleuten der künstlichen Beleuchtung.

Aus Anlass des nun 30jährigen Bestehens der AFE ist dieses Jahr als Tagungsort Paris bestimmt worden. Die vom 30. Mai bis 2. Juni durchgeführte Tagung war von rund 480 Personen besucht. Die behandelten Gebiete der künstlichen Lichtquellen und der Beleuchtung stellten wiederum eine logische Fortsetzung oder Ergänzung der in den letzten Jahren zur Diskussion gestellten Themen dar. Dem regelmässigen Besucher fällt dabei auf, dass im Programm alljährlich mehrere Stunden der Strassenbeleuchtung reserviert werden. Es ist dies vor allem auf die Erkenntnis zurückzuführen, dass eine gute öffentliche Beleuchtung nachweisbar in entscheidendem Masse dazu beiträgt, die Sicherheit auf den Verkehrswegen bei Nacht zu erhöhen, bzw. die Unfallzahl zu vermindern. Anderseits sind auch die technischen Mittel der öffentlichen Beleuchtung (Lichtquellen, Armaturen, Kandelaber, Vorschaltgeräte usw.) wie auch deren Anwendung einer besonders raschen Entwicklung unterworfen, was wiederum laufend Anlass zu einer Anpassung der Ansichten und damit schliesslich auch zur Revision bestehender Leitsätze führt.

Über die nachfolgend erwähnten Themen hinaus umfasste das Programm verschiedene Spezialgebiete der Lichttechnik, wie die Elektrolumineszenz, die Beleuchtung von Bahnhöfen oder neue Leuchten für Augenärzte. Von den durchgeführten technischen Besichtigungen sind besonders zu erwähnen: der Flughafen von Orly, die Opéra sowie der beeindruckende «Centre d'Eclairagisme» der Compagnie des Lampes (Mazda).

2. Öffentliche Beleuchtung

Referate: «Historique de l'éclairage public à Paris et dernières réalisations.» (H. Boissin)

«Urbanisme et éclairage à l'étranger.» (L. Gaynard)

Die Beleuchtung der Strassen von Paris und anderer grösserer Städte entsprang ursprünglich dem Bedürfnis nach persönlicher Sicherheit. Tatsächlich bildet heute mehr denn je eine gute öffentliche Beleuchtung — vor allem in Städten —

ein wirksames Mittel zur Bekämpfung der Kriminalität. Im Jahre 1944 war Paris noch verdunkelt. Von 1944 bis 1948 wurde die Strassenbeleuchtung wieder auf den Vorkriegsstand gebracht. Innert 10 Jahren, d.h. von 1949 bis 1958 erfuhr der Anschlusswert eine Verdoppelung und dies trotz der immer mehr verwendeten Gasentladungslampen. Der jährliche Kredit für die Erneuerung der Beleuchtung entspricht ungefähr $1/30$ des totalen Anlagewertes. Die bestbeleuchteten Boulevards und Avenues von Paris weisen eine Beleuchtungsstärke von ≈ 30 lx im Mittel auf (Fahrbahn); weniger bedeutende Strassen mit mittlerem bis starkem Verkehr eine solche von 5...10 lx, was ungefähr den Werten der neuen schweizerischen Leitsätze entspricht. Viele, weniger bedeutende Verkehrswege sind dagegen noch mit einer älteren und entsprechend schwächeren Beleuchtung ausgerüstet. Es ist auffallend, dass bei der raschen Verkehrsabwicklung in ganz Paris ausnahmslos mit dem sog. «Positionslicht» gefahren wird, dies zur Verhinderung gegenseitiger Blendung. Nach Ansicht der Fachleute wird das heute zur Anwendung gelangende Beleuchtungsniveau weiter ansteigen. 100 und mehr Lux werden bald ins Auge gefasst werden. Der Grund liegt in der weitern Zunahme des rascher werdenden Verkehrs, sowie in der weitern Entwicklung der Lichtquellen. Es wird dabei besonders betont, dass Lampen mit schlechter Farbwiedergabe unerwünscht sind. In Paris werden deshalb je nach dem architektonischen Wert der eine Strasse oder einen Platz umsäumenden Gebäude reines Glühlampenlicht, Hochdruckquecksilberdampf-Leuchtstofflampen allein oder mit Glühlampen gemischt sowie Fluoreszenzlampen verwendet. Auf gewissen Plätzen sind bewusst alte Kandelaber und Leuchten mit Glühlampen hoher Leistung belassen worden (z. B. vor dem Hôtel de Ville). Häufig sind beidseits der Strasse, je nach Fahrbahnbreite, 9...12 m hohe Kandelaber mit Hg-Lampen von 400...700 W zu finden. Die Trottoirs werden dagegen mit solchen Lampen von 250 W Leistung, oft mit Glühlampen gemischt beleuchtet. Die Fluoreszenzröhren-Leuchten weisen meistens eine Bestückung von 3...5×65-W-Lampen auf.

Die Beleuchtung der neuen Autoroute du Sud, die Verbindung zum Flughafen von Orly, dürfte beim erstmaligen Durchfahren wohl jeden Autolenker beeindrucken. Die im mittleren Grünstreifen aufgestellten, 12 m hohen Doppelkandelaber, tragen Armaturen für je eine Quecksilberhochdruck-Leuchtstofflampe von 400 W (Lichtpunktabstände 40 m bei Betonbelag, 35 m bei Bitumenbelag; 37 lm/m^2 bzw. 42 lm/m^2).

Nach Ansicht der Referenten wird man in zehn Jahren über die heute verwendeten Armaturen und deren Bestückung lächeln, so wie heute die um 1950 verwendeten Leuchten

schon weitgehend überholt sind. Dazu kommt, dass die Formgebung der Strassenleuchten zum guten Teil auch Modeströmungen unterworfen ist. Immerhin ist festzuhalten, dass sich gegenwärtig deutlich eine gewisse Entwicklung der Leuchten abzeichnet, welche in der Verwendung von Hochglanzreflektoren mit organischem Glasabschluss liegt.

3. Schaufenster-Beleuchtung

Referat: «L'éclairage des vitrines de magasins.» (P. Lemoussu)

Der Zweck jeder Schaufenster-Beleuchtung liegt darin, aus einem Passanten einen zukünftigen Käufer zu machen. Dies gilt sowohl bei Dämmerung und Nacht, als auch vielfach tagsüber. Die Beleuchtung kann bei aller Berücksichtigung des wirtschaftlichen Momentes kaum attraktiv genug wirken. Als Beleuchtungsniveau sind in Hauptstrassen 2000 lx und in Nebenstrassen oder Ortschaften 500 lx vorzusehen. Die Farbtemperatur ist der ausgestellten Ware anzupassen. Zusätzliches farbiges Licht wirkt besonders attraktiv, ist jedoch mit Geschmack anzuwenden. Spotlampen sollten nie eingesehen werden können. Fluoreszenzröhren-Licht allein erhöht den Eindruck von «Masse» bei stark belegten Fenstern. Die Beleuchtung soll bereits bei der architektonischen Planung eines Schaufensters sorgfältig durchdacht werden. Sie bildet heute ein wichtiges Element zur Belebung von Strassenzügen und ergänzt nicht zuletzt auch zu einem guten Teil die öffentliche Beleuchtung.

Fig. 1

Kathedrale Notre Dame



SEV 29339

4. Reklame-Beleuchtung

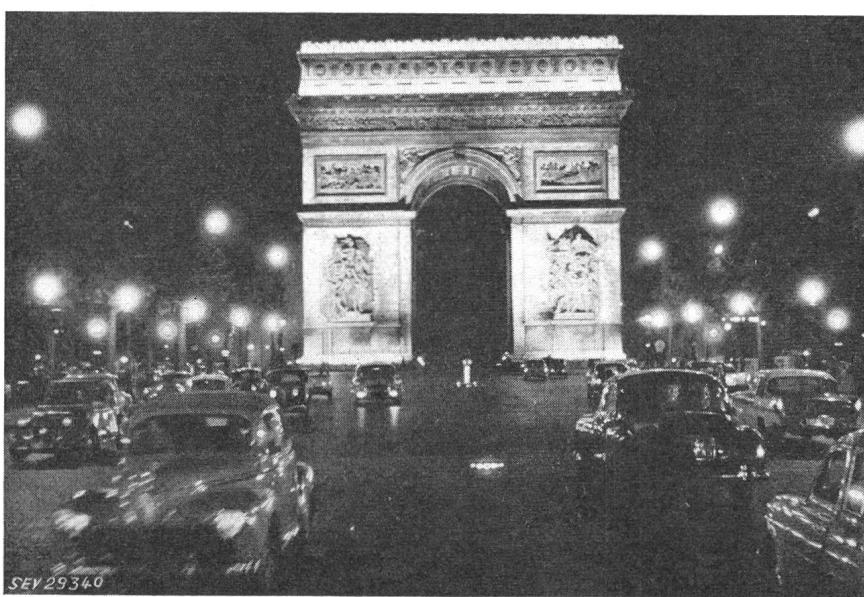
Referat: «La publicité lumineuse.» (W. Scob)

Die Reklamebeleuchtung ist heute zu einem wichtigen Gestaltungsmittel des Architekten geworden. Auch der Stadtplaner hat damit ein Element in die Hand bekommen, das ihm gestattet, den Aspekt der nächtlichen Strasse weitgehend zu beeinflussen.

5. Anleuchten von Gebäuden

Eine nächtliche Fahrt durch Paris zeigte, dass die Lichtfachleute das Einsetzen der Scheinwerfer und Flutlichtstrahler meisterhaft verstehen, sei es zur Beleuchtung der Kathedrale

von Notre Dame, der Opéra, des Hôtel de Ville, des Arc de Triomphe, sei es zur Anstrahlung des Obelisken auf der Place de la Concorde mit den Brunnen oder des Eiffelturms usw. Die Beleuchtung dieser bekannten Bauwerke stellt ein wirk-



SEV 29340

sames, touristisches Werbemittel der Stadt dar. Sie ist übrigens frei von jeder Effekthascherei und bildet jeweilen einen prächtigen Abschluss der breiten Boulevards und der weiten Plätze.

Paris kennt aber noch eine andere Art der Flutlichtbeleuchtung, nämlich das diskrete und malerische Anstrahlen alter Gebäude und Höfe, wie dies im «Quartier du Marais» verwirklicht worden ist. Licht kann in solchen Fällen architektonische Finessen hervorzaubern, an welchen selbst Einheimische jahrelang unbeachtet vorüberziehen. Nicht umsonst kommentierte die Presse: «Die Pariser entdecken ihr Quartier du Marais.»

Für die Flutlichtbeleuchtung werden meistens Infranor-Scheinwerfer verwendet, für kleinere Leistungen auch Pressglas-Spotlampen von 150...300 W.

Fig. 2
Arc de Triomphe

6. Die Beleuchtung in Museen und in Kunstausstellungen

Referat: «La lumière dans l'art et ses incidences psychologiques.» (G. Bazin)

«Contribution à l'étude de l'éclairage dans les galeries d'art.» (J. Escher-Desrivieres)

«Le rôle de la lumière dans la conservation des œuvres d'art.» (M. Hours)

An Arbeitsstätten, im Verkauf oder in der Strasse kommen immer höhere Beleuchtungsniveaus zur Anwendung. In der Kunst bestehen andere Voraussetzungen. Die alten Kirchenbauer oder Maler bevorzugten in ihrem Schaffen, mit wenig Licht auszukommen. Dementsprechend sind solche Kunstwerke diskret zu beleuchten. Bilder des 19. und 20. Jahrhunderts ertragen dagegen eher stärkere Beleuchtung; immerhin soll auch hier das Bestreben sein, die Komposition der Farben am besten zur Wirkung zu bringen. In permanenten Ausstellungen, z. B. in Museen, wird dann ein Maximum erzielt, wenn jedes Kunstwerk individuell im Bezug auf Intensität und Farbtemperatur (mit Filtern) beleuchtet wird. In Hallen mit wechselnden Ausstellungen müssen die Wände aus praktischen Gründen gleichmäßig angestrahlt werden (z. B. mit Fluoreszenzlampen) unter zusätzlicher Verwendung von beweglichen Punktlichten. Rein diffuse Beleuchtung (z. B. Lichtdecken) verhindern eine Reliefwirkung der Bilder und Plastiken.

Zu hohe Beleuchtungsstärken sowie UV- und Wärme-Strahlen können kostbare Ausstellungsgegenstände beschädigen. 500 lx bei Ölbildern und 300 lx bei fragilen Gegenständen sollten nicht überschritten werden (gilt auch für Tageslicht).

Für die Analyse von Gemälden bedient man sich heute neben der Makrophotographie, der UV- und IR-Strahlen, auch der Mikroskopie mit polarisiertem Licht, sowie der Röntgenstrahlen und des monochromatischen Natriumdampflichtes.

7. Schulzimmer-Beleuchtung für Halbblinde

Referat: «L'éclairage des salles de classes d'élèves amblyopes.» (S. Delthil)

Empfohlen wird eine Beleuchtung mit Fluoreszenzlampen (E_m 450..500 lx). Bei Augenkrankheiten mit grosser Pupillenöffnung soll das Niveau der Allgemeinbeleuchtung jedoch 250 lx nicht übersteigen. Dafür sind individuell angepasste Arbeitsplatz-Leuchten zu verwenden.

8. Beleuchtung der Zahnarzt-Praxis

Referat: «La qualité du champ opératoire et de ses annexes dans l'éclairage du cabinet dentaire.» (J. Noriot et P. Lenfant)

Die heute üblichen Zahnarzt-Armaturen ergeben zu hohe Leuchtdichteunterschiede auf dem Arbeitsfeld. Eine bessere Lösung besteht in der Erhöhung der Allgemeinbeleuchtung auf ≈ 1500 lx (durch grossflächige Armaturen) mit einer kleinen zusätzlichen Platzleuchte von ≈ 5 cm Durchmesser, welche auch ein direktes Anleuchten der oberen Zahnreihe gestattet.

9. Skifeld-Beleuchtung

Referat: «L'éclairage des pistes de ski et des patinoires des stations des Alpes savoyardes.» (M. Huit)

Die Beleuchtung der Skipisten (z. B. in Chamonix) erfreut sich grosser Anziehungskraft. Der weisse Schnee ist dabei der Verbiindete des Lichttechnikers. Eine mittlere Beleuchtungsstärke von $\approx 1,5$ lx ist ausreichend für Abfahrten; für Sprungschanzen mit Auslauf bedarf es $\approx 3...5$ lx. F. Bähler

Industrielle, technische und medizinische Verwendung der Infrarottechnik

621.383.2

[Nach P. J. Ovrebo, R. R. Sawyer, R. H. Ostergren u. a.: Industriel, Technical and Medical Applications of Infrared Techniques. Proc. IRE Bd. 47(1959), Nr. 9, S. 1629...1645]

Infrarot-Spektrophotometrie

Infrarot- (IR-)Spektrophotometer werden als Einzelstrahl- und Doppelstrahlphotometer gebaut. Beim ersten Verfahren ist das Mass willkürlich, beim zweiten — im Nebenstrahl ist ein geeichtes Absorptionsnormal eingebaut — kann das Absorptionspektrogramm unmittelbar über der Wellenlänge auf einem Schreibstreifen abgelesen werden. Als Strahlenquellen gelten Siliconcarbid- oder Nernstlampen. Die IR-Strahlen passieren den Prüfling (Gas, Flüssigkeit, Feststoffe), werden in einer rotierenden Optik periodisch unterbrochen und in Prismen oder optischen Gittern spektral zerlegt. Statt Glasprismen (über 2,5 μm undurchlässig) werden synthetische Kristalle eingesetzt, anstelle von Frontlinsen Frontspiegel.

Die zerlegten Strahlen treffen auf Thermoelemente oder Bolometerzellen, deren Ausgangstrom auf schreibendem Empfänger angezeigt wird. Die Spektralinformation ist der Aufnahmezeit proportional. Sind IR-Quellen oder IR-Zellen spektral zu messen, werden die eingebauten Bestandteile ersetzt. Die Eigenstrahlung eines IR-Spektrometers setzt heikle Probleme; doch ist in modernen Instrumenten dieser Streustrahlung wirksam begegnet.

Die IR-Absorptionsspektroskopie beruht auf der Strahlungsabsorption der Moleküle im IR-Wellenbereich und deren Eigenart im Absorptionsverhalten. Eine quantitative Aussage kann nach einem Gesetz von Beer gemacht werden: $P/P_0 = 10^{-abc}$

worin P_0 die Eingangsleistung, P die durchgegangene Strahlungsleistung, a der Absorptionskoeffizient (je Längeneinheit und Einheitskonzentration), b die Pfadlänge und c die Konzentration der absorbierenden Teilsubstanzen bedeuten.

Die Infrarot-Spektroskopie findet Anwendung in den folgenden Gebieten: Landwirtschaft; Flugzeug- und Raketenindustrie; Technik zur Bekämpfung von Luftverunreinigungen; Atomenergie; Biochemie; Bergbau (Kohle, Minerale); Oberflächen- und Überzugstechnik; Kosmetik; Molkerie-technik; Drogen und Narkotika; Schulung und Ausbildung; Emulsionschemie; Nahrungsmittelindustrie; Anorganische Chemie und Mineralien; Medizin; Petroleumindustrie; Pharmazeutische Industrie; Polymere, Wachse und Lacke; Gummiindustrie; Siliconchemie; Textil- und Tabakindustrie; Toxikologie.

Industrielle nichtzerstreuende Absorptionsanalyse

Wo rasche, harten Betriebsbedingungen ausgesetzte und doch sorgfältige und genaue Analysen gemacht werden müssen (z. B. in Fließstrassenanlagen chemischer Fabriken) sind einfache, robuste, präzisionslose Absorptionsinstrumente nötig. Solche Instrumente beruhen auf dem sog. Selbstfilterprinzip: Z. B. zwei gleiche Strahlenbündel durchsetzen einen gemeinsamen Prüfling, ein Strahlenbündel geht ferner durch eine Filterzelle, das andere durch eine Kompensatorzelle, im Ergebnis fallen beide auf je einen Detektor. In der Filterzelle ist vom zu messenden Stoff 100 % Konzentration eingefüllt und somit eine obere Absorptionsschwelle im zugehörigen Strahlenbündel festgelegt. Das den Messling durchsetzende Strahlenbündel wird nach Massgabe der zu messenden Konzentration geschwächt. Der Detektorvergleich gibt schliesslich die Konzentrationsdifferenz und mittelbar die Konzentration der Substanz im Prüfling.

Spektralhygrometer

Die IR-Absorptionsspektralanalyse wird neuerdings auch zum Nachweis von Wasserdampf und CO_2 in der Atmosphäre benutzt. Sie weist eine grosse Nachweisschärfe auch bei kleinsten Konzentrationen auf, so dass sie sich für die Verwendung in der Arktik und in grossen Höhen eignet. Interferenzfilterzusätze werden verwendet zur Auswahl besonders ausgeprägter H_2O -Absorptionsbänder (z. B. 1,38 μm ; 2,6 μm). Die erreichbare Empfindlichkeit beträgt bis zu 1 mg Wasserdampfänderung/ m^3 .

Radiometer und Pyrometer

Radiometer und Pyrometer ermöglichen Temperaturmessungen an strahlenden Körpern auf Entfernung, da die Strahlung eine bekannte Funktion der Temperatur ist. Ein modernes Radiometer ist ein optisches Instrument, das die Strahlung sammelt und in elektrischen Strom wandelt. Die Umwandlungsbeziehungen im Verein mit den Strahlungsgesetzen gestalten mittelbare Temperaturreichung. Den grössten Strahlungsanteil bestreitet der IR-Wellenbereich, und die meisten Körper als Strahlungsquellen haben konstante Emission (verhalten sich ähnlich wie der sog. schwarze Körper). Alle Messungen beruhen auf Vergleichen mit Strahlungsnormalkörpern auf konstanter Temperatur.

Radiometer und Pyrometer finden Verwendung zur automatischen Überwachung und Steuerung industrieller Prozesse: Kalk- und Zementindustrie; Druckereien; Hüttenwesen; Metallverarbeitung; Stein-, Ton- und Glasindustrie; Chemische Industrie; Papier- und Textilindustrie; Betriebsüberwachung elektrischer Anlagen.

IR-Feueralarm

Heisse Stellen (hot spots) werden von IR-Detektoren frühzeitig erkannt und gemeldet. Beispiele: Meldung heisslaufender Maschinenteile (Eisenbahnachs-lager), Brand-Meldung und

-Schutz in Flugzeugen, Frühwarn- und Meldeanlagen zur Bekämpfung von Waldbränden (in diesem Fall ist der Detektor ein thermophotographisches Fern-Aufnahmegerät, auf erhöhter Lage aufgestellt).

Thermische Bildaufnahmegeräte (Thermophotographie, Thermographie)

Diese sind gesichtsfeldabtastende, bildvermittelnde Radiometer mit photographischer Wiedergabe: Ein bewegter Spiegel

gel tastet das Gesichtsfeld Zeile um Zeile nach eintreffenden IR-Wärmestrahlen ab, deren Intensität über eine IR-Zelle und Verstärkerelektronik ein Glimmlicht steuert. Derselbe Spiegel wirft vom Glimmlicht einen synchron laufenden Lichtpunkt über photographischen Film. Dieses Verfahren findet eine vielversprechende Anwendung in der Medizin zum bildhaften Nachweis von Entzündungen und sonstigen, meist mit Temperaturerhöhung verknüpften organischen Veränderungen (Krebsforschung und -diagnostik). *A. Welti*

Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

Der Cryosar — ein neues Tieftemperatur-Element für Rechenmaschinen

621.316.86 : 681.14-523.8

[Nach A. L. McWhorter und R. H. Rediker: The Cryosar — A New Low-Temperature Computer Component. Proc. IRE Bd. 47 (1959), Nr. 7, S. 1207..1213]

Der Cryosar [low temperature (*cryo-*) switching by avalanche and recombination] ist ein neues Halbleiterelement, das vor allem für sehr schnelle digitale Rechenmaschinen als Schalt- und Gedächtniselemente entwickelt wurde. Es besteht aus einem einzigen, homogen dotierten Germaniumkristall mit zwei gegenüberliegenden Ohmschen Kontakten und arbeitet bei der Temperatur des flüssigen Heliums (4,2 °K). Sein Funktionsprinzip beruht auf einem Lawinendurchbruch,

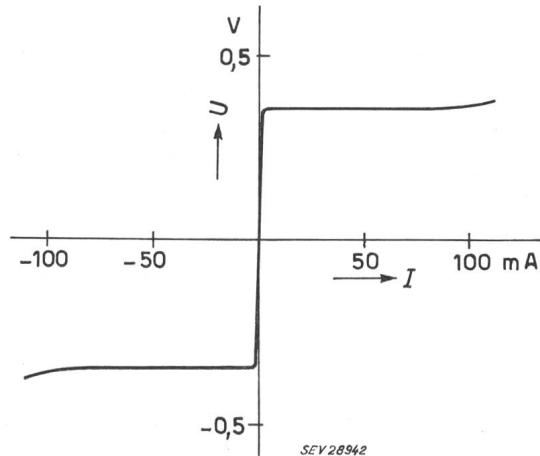


Fig. 1

Kennlinie eines monostabilen Cryosars

Strom-Spannungscharakteristik von unkompenziertem Germanium (p-Typ) bei 4,2 °K. Dicke des Kristalls 0,4 mm, Durchmesser der Kontakte 1 mm

Der Strom im hochohmigen Zustand ist < 0,01 μA

verursacht durch Stossionisation der Störstellen. Bei sehr tiefen Temperaturen besitzt auch dotiertes Germanium einen hohen spezifischen Widerstand ($\approx 10^8 \Omega\text{cm}$), da die Ladungsträger, die bei Raumtemperatur die Stromleitung ermöglichen, dann fast vollständig an die Störstellen gebunden und nicht mehr frei beweglich sind. Immerhin sind noch einige wenige, thermisch oder durch Strahlung erzeugte freie Ladungsträger vorhanden. Wird nun über die beiden Ohmschen Kontakte an den Germaniumkristall eine Spannung angelegt, so erhalten, von einer kritischen Feldstärke an ($\approx 10 \text{ V/cm}$), die vorhandenen freien Elektronen genügend Energie, um bei einem Zusammenstoß mit den Störstellen diese ionisieren zu können. Die Zahl der neu geschaffenen Ladungsträger übersteigt dann sehr rasch diejenige der Rekombinationen, und es tritt ein reversibler Durchbruch auf, der sich in keiner Weise zerstörend auf das Material auswirkt. In manchen Teilen entspricht dieser Vorgang der Zündung einer Glimmladung durch Stossionisation der Gasatome.

Man unterscheidet zwei Typen von Cryosars, einen monostabilen und einen bistabilen. Der monostabile besteht aus unkompenziertem Germanium und besitzt im wesentlichen die Charakteristik einer in Sperrrichtung betriebenen Zenerdiode (Fig. 1). Er kann die Funktionen einer normalen Diode ausführen. Da der Cryosar ein vollkommen symmetrisch gebautes, zweipoliges Element ist, weist die U-I-Charakteristik (im

Gegensatz zur Zenerdiode) eine Symmetrie bezüglich des Nullpunktes auf.

Der bistabile Cryosar besteht aus kompensiertem Germanium und zeigt wie der monostabile einen hochohmigen und beim Überschreiten einer kritischen Spannung einen niedrohmigen Zustand, dazwischen tritt aber ein Bereich mit negativem Widerstand auf (Fig. 2). Bis jetzt konnte noch keine befriedigende Erklärung für diese Erscheinung gefunden werden, immerhin wurde gezeigt, dass es sich nicht um einen Kontaktfehler handelt. Der bistabile Cryosar kann als Gedächtniselement, als Multivibrator oder Flip-Flop gebraucht werden. Da seine Durchbruchsspannung zudem beim Belichten stark erniedrigt wird, kann der bistabile Cryosar mit Hilfe von Licht gesteuert werden (ähnlich wie die Steuerung eines Thyratrons durch die Gitterspannung).

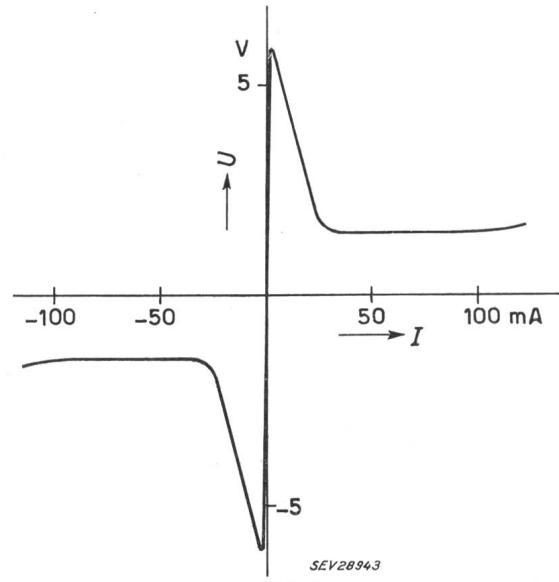


Fig. 2

Kennlinie eines bistabilen Cryosars

Strom-Spannungscharakteristik von kompensiertem Germanium (dotiert mit Indium und kompensiert mit Antimon) bei 4,2 °K

Diese neuen Elemente besitzen, wenn man die notwendige extreme Kühlung in Kauf nimmt, viele vorteilhafte Eigenschaften. Da ihr Prinzip auf der Ionisation der Störstellen beruht und da nur Ohmsche Kontakte gebraucht werden, treten die bei den üblichen Halbleitern vorkommenden Schwierigkeiten der Junctions- und Oberflächeneffekte nicht auf. Dies ergibt eine hohe Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der einzelnen Elemente und eine einfache Fabrikationstechnik. Die Cryosars zeichnen sich auch durch eine ausgesprochen kurze Schaltzeit aus ($< 10^{-8} \text{ s}$).

Die Region des Spannungsdurchbruchs eines einzelnen Elementes erstreckt sich ausschließlich auf das Volumen zwischen den beiden Ohmschen Kontakten, so dass es möglich ist, sehr viele unabhängige Cryosars auf einem einzigen Germaniumplättchen unterzubringen. So konnten z. B. durch Aufdampfen der Kontakte auf einer Fläche von 1 cm^2 625 unabhängige Elemente hergestellt werden. Werden die einzelnen Cryosars genügend klein gebaut, so wird auch die Verlustleistung so klein, dass selbst 200 000 belastete Cryosars mit einem vernünftigen Aufwand auf der Temperatur des flüssigen Heliums gehalten werden können. *W. Thommen*