

## NOTIZEN

## Erzeugung von extrem kurzen Lichtimpulsen

Von W. Hanle

Physikalisches Institut der Justus-Liebig-Hochschule,  
Gießen

(Z. Naturforschg. 9a, 368—369 [1954]; eingeg. am 26. Febr. 1954)

Für manche Probleme werden Lichtimpulse hoher Intensität und großer Flankensteilheit benötigt. Diese Forderung tritt z. B. bei der Messung sehr rasch abklingender Fluoreszenzvorgänge auf. Bei der Anregung durch einzelne energiereiche Quanten oder schnelle Korpuskeln ist die Anregungsdauer, verglichen mit der Lumineszenzdauer, unendlich klein. Bei der Anregung durch Licht muß die Zeitdauer des Lichtimpulses genügend kurz gemacht werden. Hierzu sind zahlreiche Methoden entwickelt worden.

Durch einen schnellrotierenden Spiegel kann man kurze Lichtblitze herstellen, jedoch nur von geringer Intensität. Mit Funken lassen sich Lichtimpulse von etwa  $10^{-6}$  sec Dauer erzielen. Sie sind von einem Nachleuchten infolge Wiedervereinigung von Elektronen und Ionen begleitet, das eventuell durch eine Kerrzelle unterdrückt werden muß. Eine Verringerung der Blitzdauer um eine Größenordnung läßt sich nur schwer erreichen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß man den Wehnelt-Zylinder eines Braunschen Rohres mit Rechteckimpulsen hochfrequenter Spannung tastet. Bei den gewöhnlichen Leuchtschirmen von Oszillographen kommt man dabei nicht unter  $10^{-6}$  sec, bei Verwendung von Leuchtschirmen mit  $ZrP_2O_7$  bis  $4 \cdot 10^{-7}$  sec<sup>1</sup>. Hochfrequent modulierte Licht erhält man mit einer Kerrzelle oder Ultraschallwelle, doch kommt man mit beiden Methoden nicht wesentlich über  $10^7$  Hertz<sup>2</sup>. Außerdem muß man große Intensitätsverluste in Kauf nehmen. Neuerdings wird die Lichtemission einer mit Hochfrequenz betriebenen Gasentladung benutzt<sup>3</sup>. Bei niedrigem Druck ist die Lichtstärke gut, aber die langlebigen angeregten Zustände der Atome oder Moleküle geben bei hohen Frequenzen nur eine schlechte Modulation des Lichtes. Sie wächst zwar bei Erhöhung des Drucks, gleichzeitig nimmt aber die Lichtintensität ab.

Eine sehr intensive, gut modulierte Lichtquelle erhält man, indem man einen festen, organischen Leuchtstoff durch einen kurzzeitig getasteten oder in seiner Intensität hochfrequent modulierten Elektronenstrahl erregt. Organische Leuchtstoffe haben eine hohe Lichtausbeute und klingen mit ihrer Lumineszenz schnell ab.

In erster Linie ist die Lumineszenzdauer bei Anregung mit Elektronen durch die Abklingzeit der dabei angeregten Zustände gegeben. Die Leuchtdauer der Lumineszenz von Gasen bei Anregung in einer Ent-

ladung dürfte in der Regel durch stufenweise Ausstrahlung und Sekundärprozesse (Wiedervereinigung) stets noch etwas größer sein als die optische Abklingzeit eines Übergangs. Auch bei organischen Festkörpern ist die Leuchtdauer erfahrungsgemäß etwas länger bei Anregung durch Elektronen als bei Anregung durch Licht. Sie liegt jedoch immer noch bei zahlreichen Stoffen unter  $10^{-8}$  sec. Bei Anregung durch schnelle Elektronen beträgt die Abklingzeit bei Naphthalin 81  $\mu$  sec, bei Anthracen 30  $\mu$  sec, bei Phenanthren 12  $\mu$  sec, bei Fluoren 27  $\mu$  sec, bei Stilben 8  $\mu$  sec und bei Diphenylacetylen 7  $\mu$  sec<sup>4</sup>.

Ihrer Anwendung stehen einige Nachteile entgegen. Sie verdampfen leichter und sind wenig beständig gegen Elektronenbeschuß. Aus diesem Grund kann man sie nicht als Leuchtschirm in ein Kathodenstrahlrohr einbauen. Wegen der leichten Zerstörung durch Elektronen darf man sie nur kurze Zeit bestrahlen. Daher verbietet sich ihre Anwendung in den Fällen, in welchen es auf lange Beobachtungszeit ankommt. Bei den neuerdings nahezu ausschließlich benutzten lichtelektrischen Beobachtungsmethoden, z. B. bei Messung der Abklingzeit, kommt man jedoch mit Beobachtungszeiten von wenigen Sekunden für einen Meßwert aus.

Abb. 1 zeigt eine für Abklingzeitmessungen benutzte Anordnung. Die Elektronen werden durch einen Wehnelt-Zylinder W gesteuert, an dem eine hochfrequente Steuerspannung liegt, die durch den Sender S erzeugt wird. Die Kathode liegt auf einer

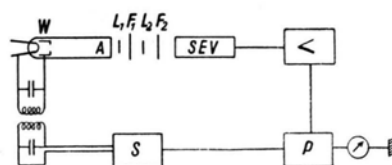


Abb. 1. Prinzipschaltbild. W Wehnelt-Steuerzylinder; A Aluminiumfenster; L<sub>1</sub> Leuchtschirm; L<sub>2</sub> Leuchtstoff, dessen Abklingzeit gemessen werden soll; F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> Filter; S Sender; P Phasenröhre.

Spannung von mindestens 50 kV. Daher muß die von dem Sender erzeugte Hochfrequenz isoliert auf einen mit dem Wehnelt-Zylinder gekoppelten Schwingkreis übertragen werden. Die Elektronen treten durch ein auf Erdpotential liegendes dünnes Aluminiumfenster A aus und fallen auf den Leuchtschirm L. Dieser befindet sich auf einer Quarz- oder Glimmerscheibe, die rotiert, damit sich der Leuchtstoff während des Elektronenbombardements nicht zu stark erwärmt und nach eventueller Zerstörung immer neue Leuchtstoffteile in den Strahl gelangen. Auf diese Weise läßt sich,

<sup>1</sup> A. Brill, A. H. Klasens u. P. Zahn, Philips Res. Rep. 8, 393 [1953].

<sup>2</sup> W. Hanle u. O. Maercks, Verh. dtsch. phys. Ges. 19, 40 [1938].

<sup>3</sup> I. B. Birks u. W. A. Little, Proc. Roy. Soc. A 66, 921 [1953].

<sup>4</sup> I. B. Birks, Scintillation Counters, Pergamon Press, London 1953.



wenn auch nur auf kurze Zeit eine sehr intensitätsstarke hochfrequent modulierte Lichtquelle herstellen. Die Anordnung des Leuchtstoffes außerhalb des Elektronenstoßrohres hat außerdem noch den Vorteil, daß der Leuchtstoff leicht ausgewechselt und in seiner spektralen Verteilung passend zum Absorptionsspektrum desjenigen Stoffes gewählt werden kann, dessen Abklingzeit gemessen werden soll. Bei den vorliegenden Versuchen wurde Fluoren benutzt, das eine sehr starke Kathodolumineszenz im UV bei  $3600 \text{ \AA}$  zeigt, und damit als Beispiel die Abklingzeiten von reinem Anthracen zu  $1,3 \cdot 10^{-8}$  sec gemessen. Zwischen das Fluoren ( $L_1$ ) und das Anthracen ( $L_2$ ) wurde ein nur UV durchlassendes Filter ( $F_1$ ), hinter das Anthracen ein Blaufilter ( $F_2$ ) geschaltet. Zur Messung wurde die von Rohde beschriebene Phasenanzeigeröhre benutzt<sup>5</sup>, jedoch kann auch irgendeine andere Methode benutzt werden. Eventuell läßt sich als Leuchtstoff auch CsF verwenden, welches nach einem neuen Befund bei Anregung durch Elektronen eine ähnlich kurze Abklingzeit wie organische Leuchtstoffe hat ( $5 \cdot 10^{-9}$  sec<sup>6</sup>).

Die hier beschriebene Methode zur Erzeugung von intensivem hochfrequent moduliertem Licht kann leicht weiter ausgebaut werden. Durch Steigerung der Intensität des Elektronenstrahls, der angelegten Spannung und durch gute Fokussierung der Elektronen

wird sich die im Leuchtstoff umgesetzte elektrische Energie auf 100 Watt steigern und damit eine Lichtenergie von 1 Watt erzeugen lassen. Das sind viele Größenordnungen mehr als bei den bislang bekannten Methoden. Aber auch die Frequenz wird sich erhöhen lassen. Wegen der kleinen Abklingzeit der organischen Leuchtstoffe wird man bei Verwendung von 100 MHz noch einen guten Modulationsgrad erzielen. Prinzipiell läßt sich die Abklingzeit des Leuchtstoffes durch Abkühlung oder Zerstörung weiter heruntersetzen. Die Abklingzeit der organischen Leuchtstoffe nimmt ja bei Temperaturerniedrigung ab, im Gegensatz zur Abklingung anorganischer Leuchtstoffe. Die gleichzeitige Intensitätsverminderung durch Zerstörung läßt sich in Kauf nehmen. Diese Methode scheint also geeignet zur Messung kurzer Abklingzeiten, wie sie beispielsweise bei Pseudoisocyanin vorliegt.

In ähnlicher Weise lassen sich durch Tastung des Wehnelt-Zylinders des Elektronenrohres mittels eines Rechteckgenerators einzelne oder periodische intensive Lichtimpulse von etwa  $10^{-8}$  bis  $10^{-9}$  sec Abfallzeit erzeugen.

Dankbarkeit gebührt Herrn cand. phys. Jansen für seine Mitarbeit, der Deutschen Forschungsgemeinschaft und den Firmen Leitz und Pfeiffer für die Bereitstellung von Mitteln.

<sup>5</sup> F. Rohde, Z. Naturforschg. 8a 156 [1953].

<sup>6</sup> W. van Seiver u. R. Hofstadter, Phys. Rev. 87, 522 [1952].

## BESPRECHUNGEN

**Einführung in die Mikrowellen und ihre wissenschaftlichen Anwendungen.** Von H. H. Klinger. S. Hirzel-Verlag, Stuttgart, 1954. VIII, 117 S. mit 92 Abb.; Preis geb. DM 9.60.

Das Buch wendet sich an Studierende (Physiker und Naturwissenschaftler), die zwar mit den Grundlagen der Elektronik und der Schwingungslehre vertraut sind, dagegen keine ausgesprochenen Fachkenntnisse in der Hochfrequenztechnik besitzen. Es bringt im ersten Teil eine Einführung in die Mikrowellentechnik (Hohlleiter, Hohlraumresonatoren, Erzeugung von Mikrowellen, Detektoren, Meßtechnik) und im zweiten Teil eine Übersicht über die Anwendungen der Mikrowellen in der Naturwissenschaft (Spektroskopie, Resonanz-Absorption in Kristallen, Anomale Dispersion und Absorption in polaren Flüssigkeiten, Elektrische Leitfähigkeit von Metallen bei höchsten Frequenzen, biologische und medizinische Wirkungen, Mikrowellen in der Astronomie und Astrophysik, Experimentalphysik und Kernphysik).

Die Darstellung ist knapp, aber anschaulich. Das Buch eignet sich daher gut für eine erste Orientierung auf diesem Gebiet; eine große Zahl von Literaturhinweisen soll das tiefere Eindringen erleichtern.

Im Hinblick auf die einfache Ausführung (Offsetdruck, Schreibmaschinentypen) könnte der Preis vielleicht etwas niedriger liegen.

G. Littmann, Tübingen.

**Nuclear Stability Rules.** Von N. Feather. Verlag Cambridge University Press, London, 1952. 162 S. mit 27 Abb.; Preis geb. sh 20.—.

Entsprechend der Zielsetzung der Cambridge Monographs on Physics wird in knapper Form ein spezielles Gebiet bis zum neuesten Stand der Forschung klar und verständlich abgehandelt. Das Buch enthält 4 Kapitel: Die Systematik der stabilen Kerne, Regelmäßigkeiten beim  $\alpha$ -Zerfall, Regelmäßigkeiten beim  $\beta$ -Zerfall, Spontane Spaltung und die Anzahl der Elemente.

Die mustergültige Darstellung läßt überall erkennen, daß der Verfasser als Fachmann jahrzehntelang an den Problemen erfolgreich mitgearbeitet hat. Die experimentellen Tatsachen stehen im Vordergrund und werden an Hand der theoretischen Vorstellungen behandelt. So ist ein wertvolles aktuelles Buch entstanden, das sich interessant liest, weil der Leser auch ausführlich zu den Problemen hingeführt wird. Jeder Kernphysiker wird sich mit Gewinn darin vertiefen.

A. Flammersfeld, Mainz.

**Annual Review of Nuclear Science.** Vol. II/1953. Verlag Annual Reviews, Inc. Stanford/Cal. 1953 IX, 429 S. Preis geb. \$ 6.—.

Der zweite Band der Serie für Kernwissenschaft enthält folgende Beiträge: (Bd. I s. diese Z. 7a, 764 [1952]).

Ursprung und Häufigkeiten der Elemente (Alpher u. Herman), Energieerzeugung in Sternen (Salpeter), Erzeugung und Vorkommen von Natürlichem Radiokohlenstoff (Anderson), Neuere Fortschritte bei Beschleunigern (Chu u. Schiff), Kernreaktionen mit Teilchen hoher Energie (Templeton), Neuere Untersuchungen von Kernphoto-Reaktionen (Strauch), Winkelbeziehungen bei Kernreaktionen (Frauenfelder), Mesonen (Blair u. Chew), Strahlungseffekte in Festkörpern (Dienes), Isotope (Bigeleisen), Kernmomente (Feld), Experimentelle Beiträge zur Theorie des  $\beta$ -Zerfalls (Konopinski u. Langer), Energiebetrachtungen zum  $\beta$ -Zerfall (Coryell), Ursprung und Ausbreitung der Kosmischen Strahlen (Biermann), Fortschritte in Nukleon-Nukleon-Streuxperimenten und ihre theoretischen Konsequenzen (Breit u. Gluckstern) und Spaltung bei hohen Energien (Spence u. Ford).

Die Beiträge sind durchweg von ersten Fachleuten geschrieben und die Erwartung des Lesers, Artikel von hoher Qualität vorzufinden, wird kaum enttäuscht werden. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die Beiträge im allgemeinen recht kurz gehalten und daher für Fernerstehende gelegentlich etwas knapp erscheinen werden. Aber alle an Kernphysik Interessierten, nicht nur die engeren Fachgenossen, werden auch diesen Band dankbar in die Hand nehmen.

A. Flammersfeld, Mainz.

**Riesenmoleküle.** Von Arnold Münster. Verlag Herder & Co. Freiburg 1952. 165 S. mit 55 Abb.; Preis geb. DM 6.80.

In dem vorliegenden Buch ist es dem Verfasser in erfreulicher Weise gelungen, moderne naturwissenschaftliche Ergebnisse und Fragestellungen auch dem Nichtfachmann auf engem Raume nahezubringen und verständlich zu machen, ohne daß die Darstellung ins allzu laienhafte abgleitet. Der Leser erhält einen Überblick über die wissenschaftlichen Grundlagen, die ex-

perimentellen Untersuchungsmöglichkeiten, die praktischen Anwendungen und die noch zu lösenden Probleme der makromolekularen Chemie. An Theorie wird nichts vorausgesetzt, dagegen vieles in leichtfaßlicher Weise erklärt, und nur sehr selten findet sich der Leser gezwungen, einzelne Tatsachen einfach zu glauben, weil ein näheres Verständnis ohne Fachkenntnisse nicht zu erreichen ist.

Der Inhalt des Buches gliedert sich in der Weise, daß zunächst die chemischen Grundbegriffe erläutert werden. Dann folgen die experimentellen Methoden zur Bestimmung der Molekülgröße und Molekülgestalt, zunächst in Lösung, dann im festen und hochelastischen Zustand. Die beiden folgenden Kapitel geben einen Überblick über den Aufbau und die Eigenschaften der heute gebräuchlichen Kunststoffe und der hochpolymeren Naturstoffe; schließlich werden die Eiweißstoffe behandelt. Speziell am Beispiel der Fermente und Viren wird auf die Zusammenhänge zwischen Physik und Chemie einerseits und Biologie und Philosophie andererseits hingewiesen. Das Buch kann jedem, der sich für Naturwissenschaften interessiert, wärmstens empfohlen werden.

M. Kortüm-Seiler, Tübingen.

**Introduction to Solid State Physics.** Von Charles Kittel. Verlag Wiley & Sons, New York, 1953. XII, 396 S. mit zahlreichen Abb.; Preis geb. US- \$ 7.00.

Dieses Lehrbuch ist entstanden aus dem Bedürfnis, fortschrittliche Festkörper-Physiker für Forschung und Industrie heranzubilden. Der Autor ist Professor für Physik in Berkeley und hatte Konnex mit J. Bardeen und F. Seitz. Durch den klaren Aufbau des Buches und die Auswahl besonders lehrreicher Methoden, experimenteller Ergebnisse und Modelle wird eine einprägsame und wertvolle Grundlage vermittelt. Für den Anschluß an die Originalliteratur ist durch genügend Zitate gesorgt. Die Themen: Klassifikation der Strukturen, Gitterenergie der Ionenkristalle, Gitterschwingungen, elastische, thermische und dielektrische Eigenschaften, Ferroelektrizität, Dia-, Para-, Ferro- und Antiferromagnetismus, Supraleitung, Freie Elektronen- und Bänder-Theorie, Halbleiter, Fehlordnung. In seiner Reichhaltigkeit bei verhältnismäßiger Kürze kann das Buch ohne Einschränkung bestens empfohlen werden.

A. Klemm, Mainz.