

Abb. 1. Die Durchlässigkeit verschiedener Quarzglasplatten: Meßwerte (einzelne Punkte) und mit dem ermittelten  $k$ -Wert rückwärts berechnete Werte (Kurven). Quarzglassorte und Dicke der Platten: a) Herasil I (—) 2 mm (○), 3 mm (+) und 3,9 mm (□); b) Suprasil (— — —) 1 mm (×) und 3 mm (●); c) Infrasil (·····) 1 mm (△).

Die Ursache für das unterschiedliche Absorptionsverhalten von Suprasil einerseits und Herasil I und Infrasil andererseits läßt sich nicht mit Sicherheit angeben. Möglicherweise spielt der unterschiedliche Gehalt an OH-Radikalen in den genannten Quarzgläsern dabei eine Rolle<sup>8</sup>. Suprasil ist ein aus Siliciumverbindungen gewonnenes Quarzglas. Herasil und Infrasil werden aus Naturkristallen erschmolzen. Während bei Infrasil die OH-Bande bei  $2,72\ \mu$  im Ultrarotspektrum nicht nennenswert und bei Herasil I in einer mittleren Stärke auftritt, ist sie bei Suprasil besonders stark ausgebildet. Es soll jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß

<sup>8</sup> H. MOHN, private Mitteilung.

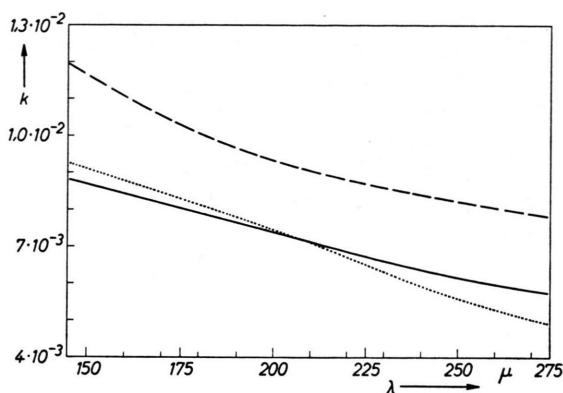


Abb. 2. Der Absorptionskoeffizient von einigen Quarzgläsern: Herasil I (—), Suprasil (— — —) und Infrasil (·····).

in Suprasil auch hochmolekulare Siliciumchloride vom Typ  $\text{Si}_n + \text{Cl}_{2n+2}$  vorhanden sind.

Die vorliegenden Meßergebnisse wurden nebenbei im Rahmen einer größeren Untersuchung gefunden. Daher wird mit dieser Mitteilung nur auf das Vorhandensein von Unterschieden im Absorptionsverhalten der einzelnen Quarzgläser hingewiesen, ohne daß das Problem erschöpfend untersucht worden wäre. Es bleibt also weiteren Untersuchungen vorbehalten, in einem größeren Spektralbereich und mit anderen Quarzgläsern Erfahrungen zu sammeln.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die großzügige Bewilligung von Geldmitteln. Weiter bin ich Herrn Direktor Dr. H. MOHN von der Heraeus Quarzschmelze GmbH, Hanau, für wertvolle Hinweise zu großem Dank verpflichtet.

## Kapazitätsverlauf und Elektrophotolumineszenz eines optisch angeregten ZnCdS-Phosphors bei Einwirkung elektrischer Gleichfeldimpulse

Von F. MATOSI, H. GUTJAHR und D. SIEBERT

Institut für Elektrowerkstoffe der Fraunhofer-Gesellsch. e. V., Freiburg i. Br., und Universität Freiburg i. Br.

(Z. Naturforsch. 16 a, 1391—1393 [1961]; eingeg. am 25. November 1961)

In einer vorangegangenen Arbeit<sup>1</sup> wurden die als GUDDEN-POHL-Effekt seit langem bekannten<sup>2</sup> Lichtblitze beim Ein- bzw. Ausschalten eines elektrischen Feldes an einem optisch angeregten ZnCdS-Phosphor in Abhängigkeit von der Impulsbreite und Impulsfolge elektrischer Gleichfelder untersucht. Die Beobachtungen konnten mit der Annahme interpretiert werden, daß die Elektrophotolumineszenz durch den Füllungsgrad

von Oberflächenhaftstellen kontrolliert wird. Hierbei wurde, wie vielfach üblich<sup>3-5</sup>, angenommen, daß das elektrische Feld Elektronen aus Haftstellen in das Leitungsband anregt und dadurch die Konzentration freier Elektronen momentan erhöht wird. Andererseits wird die Konzentration im Volumen durch den Abtransport von Ladungsträgern durch das Feld momentan verringert. Für eine genaue Diskussion, insbesondere für die Entscheidung, ob die Lichtblitze im Volumen auftreten können oder in einer dünnen oberflächennahen Schicht entstehen, ist die Kenntnis der zeitlichen Änderung der Elektronenkonzentration im Volumen während des Lichtblitzes von Bedeutung.

Zur Bestimmung solcher Änderungen der Elektronenkonzentration im Volumen von pulverförmigen Phosphoren eignet sich die Messung des Kapazitätsverlaufs unter dem Einfluß elektrischer Felder. Relativ langsame

<sup>1</sup> H. GUTJAHR u. F. MATOSI, Z. Phys. **162**, 105 [1961].

<sup>2</sup> B. GUDDEN u. R. POHL, Z. Phys. **2**, 192 [1920].

<sup>3</sup> G. DESTRIAU, C. R. Acad. Sci., Paris **211**, 555 [1943].

<sup>4</sup> D. CURIE, J. Phys. Radium **13**, 317 [1952].

<sup>5</sup> D. CURIE, J. Phys. Radium **14**, 672 [1953].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

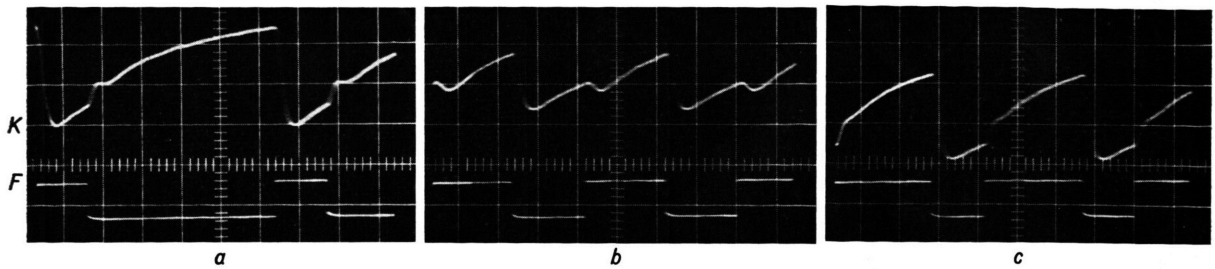


Abb. 1. Kapazitätsverlauf (K) eines optisch angeregten ZnCdS(Ag)-Phosphors bei periodischer Einwirkung von Gleichfeldimpulsen. F=Feldverlauf, Impulshöhe=50 Volt, Anregung mit  $\lambda=440\text{ m}\mu$ . a: Impulsbreite 6,5 msec, Impulsfolge 32 msec; b: Impulsbreite 10 msec, Impulsfolge 20 msec; c: Impulsbreite 12,5 msec, Impulsfolge 20 msec.

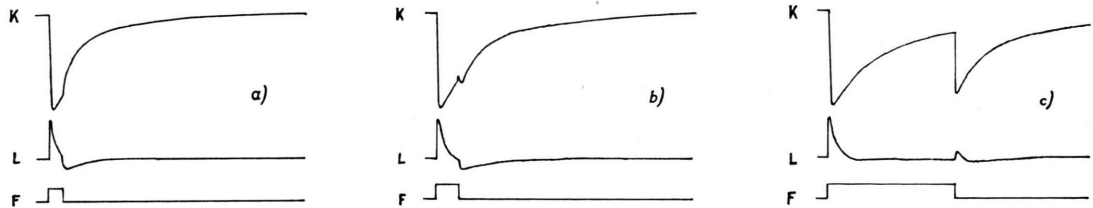


Abb. 2. Kapazitäts- und Elektrophotolumineszenzverlauf (K und L) eines ZnCdS(Ag)-Phosphors bei Einwirkung eines einmaligen Gleichfeldimpulses. F=Feldverlauf, Impulshöhe=50 Volt, Anregung mit  $\lambda=440\text{ m}\mu$ . Impulsbreite: a: 8 msec, b: 14 msec, c: 80 msec.

Vorgänge dieser Art wurden von KALLMANN und Mitarbeitern<sup>6</sup> untersucht.

Mit Hilfe einer phasenempfindlichen Apparatur konnten wir die Kapazitätsänderung bei einer Meßfrequenz von 30 kHz mit einer Auflösung von etwa 1 msec direkt oszillographisch aufzeichnen und mit den Elektrophotolumineszenzkurven vergleichen. Die Meßzelle befindet sich dabei in einem Zweig einer Schering-Meßbrücke, deren OHmsche Widerstände klein gegenüber den kapazitiven Widerständen sind. Bei kleinem Verlustfaktor des Meßobjekts läßt sich die Diagonalspannung dann so in Komponenten zerlegen, daß eine Komponente direkt die Kapazitätsänderung angibt, während der Verlustfaktor aus der anderen Komponente ermittelt werden muß. Ferner erlaubt die Brückenschaltung zusammen mit einem Selektivverstärker für die Diagonalspannung im Gegensatz zu anderen in der Literatur beschriebenen Anordnungen<sup>7, 8</sup> das Anlegen von elektrischen Feldern zusätzlich zum Meßspannungsfeld. Die Anordnung für die Messung der Lumineszenz und die Zellenform sind bereits in der vorangegangenen Arbeit<sup>1</sup> beschrieben.

Abb. 1 zeigt den Kapazitätsverlauf bei periodischer Wiederholung der Feldimpulse. Variiert wurde die Impulsbreite und die Folgefrequenz. Ebenso wie bei den zitierten Messungen der Elektrophotolumineszenz kehren mit zunehmender Folgefrequenz bzw. mit zunehmender Impulsbreite die Änderungen der Kapazität

beim Ein- und Ausschalten des Feldes ihr Vorzeichen um. Bei kleinen Impulsbreiten und Folgefrequenzen nimmt die Kapazität im Moment des Feldeinschaltens ab und im Moment des Ausschaltens zu. Bei größeren Impulsbreiten und Folgefrequenzen nimmt die Kapazität im Moment des Einschaltens zu und im Moment des Ausschaltens ab. Diese momentanen Änderungen der Kapazität unterbrechen jeweils einen langsamen Erholungsvorgang.

Die für diese Wechsel „kritischen Zeiten“ sind jedoch kleiner als bei der Elektrophotolumineszenz. Das entnimmt man auch der Abb. 2, in der Kapazitäts- und Lumineszenzverlauf bei Einwirkung eines einmaligen Feldimpulses von verschiedener Dauer aufgezeichnet sind. Hierauf soll an dieser Stelle näher eingegangen werden. Von besonderem Interesse ist jedoch die Tatsache, daß die Kapazität und damit die freie Elektronenkonzentration im Volumen bereits während des Auftretens eines positiven Lichtblitzes abnimmt<sup>9</sup>. Das momentane Aufleuchten des Phosphors beim Einschalten des Feldes kann somit nicht durch eine Erhöhung der Elektronenkonzentration im Volumen durch Anregung von Elektronen aus Haftstellen in das Leitungsband erklärt werden. Vielmehr würde man hier eine sofort mit dem Feld einsetzende Tilgung der Lumineszenz erwarten, da den Messungen zufolge der durch das Feld hervorgerufene Abtransport von Elektronen an den Phosphorrand größer ist als die Nachlieferung

<sup>6</sup> H. KALLMANN, B. KRAMER u. P. MARK, Phys. Rev. **97**, 1596 [1955].

<sup>7</sup> M. SCHÖN, J. KNOBLOCH u. K. LUCHNER, Physica status solidi **1**, 127 [1961].

<sup>8</sup> YA. A. OKSMAN u. A. V. BURLAKOV, Sov. Phys. Solid State **2**, 1644 [1960].

<sup>9</sup> Durch Messung des komplexen Widerstandes bei 2000 kHz Meßfrequenz konnte nachgewiesen werden, daß der Abfall der Kapazität beim Einschalten des Gleichfeldes sogar schneller erfolgt als der Anstieg der Lumineszenz.

und direkte Feldanregung von Elektronen aus Haftstellen. Dagegen wird die Elektronenkonzentration in einer oberflächennahen dünnen Schicht des Korns stark anwachsen. Die in dieser Schicht festgehaltenen Elektronen geben keinen Beitrag bei der Kapazitätsmessung. Sie werden aber die Lumineszenz verstärken, solange mehr Elektronen aus dem Volumen zugeführt werden als an Haftstellen pro Zeiteinheit eingefangen werden

können bzw. über diese strahlungslos rekombinieren. Mit zunehmender Aufladung der Oberfläche nimmt die Zufuhr der Elektronen aus dem Volumen ab, die Konzentration freier Elektronen in der Randschicht und damit die Lumineszenz nimmt bis zu einem neuen Gleichgewichtswert ebenfalls wieder ab. Dieser Lumineszenzverlauf überlagert sich dem im Volumen auftretenden Tilgungsverlauf.

### Steigerung der Trenndüsenentmischung von Isotopen durch leichte Zusatzgase

VON E. W. BECKER, K. BIER UND W. BIER

Kernforschungszentrum Karlsruhe,  
Institut für Kernverfahrenstechnik der Technischen Hochschule  
(Z. Naturforsch. 16 a, 1393 [1961]; eingegangen am 4. Dezember 1961)

Beim Trenndüsenverfahren ist für den entmischenden Diffusionsstrom, bei vorgegebenem relativen Druckgefälle auf der betreffenden Stromfläche, einerseits die relative Massendifferenz und andererseits das Produkt aus Teilchendichte und Diffusionskonstante maßgeblich<sup>1,2</sup>. Beim Zusatz eines leichten Gases wird die mittlere Masse des Gesamtgemisches kleiner, die relative Massendifferenz der zu entmischenden Isotope also größer. Außerdem wird durch das leichte Zusatzgas das Produkt aus Teilchendichte und Diffusionskonstante vergrößert. Es ist daher zu erwarten, daß sich die Trenndüsenentmischung von Isotopen schwerer Elemente durch Zusatz eines Gases mit kleinem Molgewicht steigern läßt<sup>3</sup>.

Wir haben den Effekt an einem Gemisch aus Argon und Helium studiert, wobei die Entmischung der Isotope  $\text{Ar}^{36}$  und  $\text{Ar}^{40}$  massenspektrometrisch bestimmt wurde. Abb. 1 zeigt die Abhängigkeit des Elementareffektes der Trennung der Argonisotope

$$\varepsilon_A = \frac{n_M(1-n_K)}{n_K(1-n_M)} - 1$$

( $n_M$  bzw.  $n_K$  = Molenbruch des  $\text{Ar}^{36}$  im Mantel- bzw. Kerngas) von der Entfernung  $d$  zwischen Düsen- und Abschälermündung für reines Argon und für ein Gemisch aus 11% Argon und 89% Helium. Die in Abb. 1 angegebenen Abschälverhältnisse  $\vartheta$  gelten für die Argonkomponente.

Die Versuchsreihen wurden mit einer runden konvergenten Düse mit 0,3 mm Mündungsdurchmesser aufgenommen. Die Einlaßdrücke wurden mit 16 Torr beim reinen Argon und 60 Torr beim Ar/He-Gemisch so gewählt, daß der Argondurchsatz in beiden Fällen derselbe war. Das Expansionsverhältnis war ebenfalls gleich (1000). Man bemerkt, daß die maximale Ent-

mischung der Argonisotope in dem Gemisch, für beide Werte des Abschälverhältnisses  $\vartheta$ , etwa um den Faktor 1,7 größer ist als im reinen Argon.

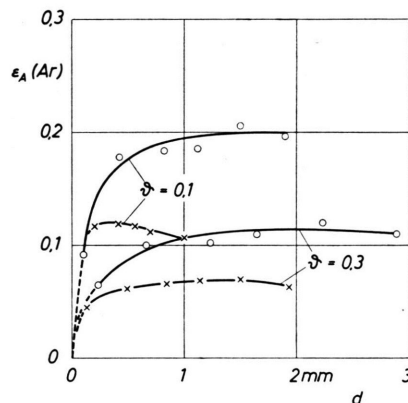


Abb. 1. Abhängigkeit des Elementareffektes der Trennung der Argonisotope  $\varepsilon_A$  von der Entfernung  $d$  zwischen Düsen- und Abschälermündung für reines Argon (x) und für ein Gemisch aus 11% Argon und 89% Helium (o).

Aus dem Ergebnis folgt bei Anwendung der Optimaltheorie<sup>2</sup>, daß der spezifische Aufwand für die Trennelemente durch den Heliumzusatz um den Faktor  $1/(1,7)^2$ , d. h. auf weniger als die Hälfte vermindert wird. Zur Ermittlung der minimalen spezifischen Kompressionsarbeit und des minimalen spezifischen Ansaugvolumens der Kompressoren wurden Versuchsreihen mit kleineren Expansionsverhältnissen durchgeführt. Dabei zeigte sich, daß sich für die Argonisotope in dem speziellen untersuchten Gemisch trotz der Notwendigkeit zur Mitkompression des Zusatzgases etwa dieselben Minimalwerte der spezifischen Kompressionsarbeit und des spezifischen Ansaugvolumens ergeben wie beim reinen Argon.

Eine theoretische Überlegung zeigt, daß sich bei schwereren Elementen durch das leichte Zusatzgas nicht nur die Aufwendungen für die Trennelemente, sondern auch die für die Erstellung und den Betrieb der Kompressoren merklich vermindern lassen sollten.

<sup>1</sup> E. W. BECKER, K. BIER u. H. BURGHOF, Z. Naturforsch. 10 a, 565 [1955].

<sup>2</sup> E. W. BECKER, W. BEYRICH, K. BIER, H. BURGHOF u. F. ZIGAN, Z. Naturforsch. 12 a, 609 [1957].

<sup>3</sup> E. W. BECKER, DBP 1 096 875, Anm. 5. 9. 1956.