

Abb. 3. Nachstrom, aus dem heraus der Durchschlag erfolgt, links Elektronenlawine (s. Pfeil); 4% Überspannung; 2  $\mu$ s/Skt.

Oberhalb der Durchbruchspannung (Abb. 3) erfolgt aus dem Nachstrom heraus der Durchschlag. Mit steigender Überspannung verkürzt sich die Zeit zwischen Elektronenlawine und Durchschlag so weit, bis der Durchbruch direkt aus der Lawine erfolgt (Einlawinenkanalaufbau). Diese Beobachtungen zeigen, daß auch bei 15 cm Elektrodenabstand im Prinzip ein Ent-

ladungsmechanismus abläuft, wie er für Abstände oberhalb 6 cm bis einschließlich 9 cm für den statischen Durchschlag in Raumluft mittels der optischen Methode ermittelt wurde<sup>3</sup>, sogen. modifizierter Kanalaufbau. (Unterhalb 6 cm zeigte die optische Methode, daß der bekannte Generationenaufbau den Entladungsablauf bestimmt.) Eine endgültige Klärung der mitwirkenden Prozesse ist noch nicht abgeschlossen; es ist jedoch anzunehmen, daß die Anwesenheit des elektronegativen Sauerstoffs (einschließlich Wasserdampf) den Entladungsaufbau gegenüber anderen Gasen, wie N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, wesentlich durch die Bildung negativer Ionen ändert, da durch die niedrigen E/p-Werte die Anlagerung der Elektronen sehr begünstigt wird. Wie weit die Ablösung von Elektronen von den gebildeten negativen Ionen eine Rolle spielt, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Herrn Prof. Dr. H. RAETHER danke ich für die Themenstellung. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die Stoßspannungsanlage dankenswerterweise zur Verfügung gestellt.

## Über die Photolumineszenz der Aluminiumoxydschicht-Fluorescein-Luminophore

Von A. KAWSKI, M. KORBA, P. CZYZ, SZ. MALINOWSKI  
und H. SZYMKOWIAK

Physikalisches Institut der Pädagogischen Hochschule,  
Gdańsk, Polen \*

(Z. Naturforsch. 19 a, 1328—1329 [1964]; eingegangen am 29. Mai 1964)

Es wurde die Photolumineszenz sog. „zweidimensionaler“ Luminophore mit anorganischem Grundmaterial (Aluminiumoxyd) und organischem Aktivator (Fluorescein) untersucht. Die Organo-Luminophore in dünner Schicht wurden nach dem Verfahren von CHOMSE und HOFFMANN<sup>1</sup> erhalten. Die Aluminiumunterlage wurde durch elektrochemische Oxydation mit einem festhaftenden Überzug versehen. Das Adsorbieren des aktivierenden Farbstoffes geschah durch Eintauchen der oxydierten Aluminiumbleche in äthylalkoholische Fluoresceinlösung. Die genauen Bedingungen zur Herstellung der Luminophore werden an anderer Stelle ausführlich beschrieben.

\* Katedra Fizyki, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Gdańsk, ul. Sobieskiego 18.

<sup>1</sup> H. CHOMSE u. W. HOFFMANN, Z. Anorg. Chem. **296**, 20 [1958].

<sup>2</sup> P. PRINGSHEIM, *Fluorescence and Phosphorescence*, Interscience Publ. Inc., New York 1949.

<sup>3</sup> TH. FÖRSTER, *Fluoreszenz organischer Verbindungen*, Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen 1951.

<sup>4</sup> A. KAWSKI, B. POLACKA u. Z. POLACKI, Acta Phys. Polon. **20**, 903 [1961].

<sup>5</sup> A. BACZYNSKI, A. CZAJKOWSKI u. M. TRAVINSKI, Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Math., Astron. Phys. **9**, 47 [1961].

<sup>6</sup> A. KAWSKI u. B. POLACKA, Acta Phys. Polon. **21**, 193 [1962].

<sup>7</sup> V. P. KLOCHKOV u. B. S. NEPORENT, Optika i Spektr. **12**, 239 [1962].

Die Photolumineszenz des Fluoresceins wurde bisher in verschiedenen flüssigen und festen Lösungsmitteln untersucht<sup>2—11</sup>. Kürzlich wurden von LENDVAY<sup>12, 13</sup> die Emissionsspektren der mit Fluorescein aktivierten Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> × H<sub>2</sub>O-Schicht-Phosphore untersucht. Das Fluoreszenzlicht des Fluoresceins in festen Plexiglaslösungen ist polarisiert<sup>11, 14, 15</sup>.

In dieser Arbeit haben wir beobachtet, daß das Fluoreszenzlicht auch im Falle der Aluminiumoxydschicht-Fluorescein-Luminophore polarisiert ist. An Hand der Fluoreszenz-Polarisationspektren kann man feststellen, ob die Emissionsspektren der untersuchten Farbstoffe aus mehreren Banden bestehen. Abb. 1 zeigt die Emissionsspektren von Fluorescein an Aluminiumoxyd für zwei verschiedene Sorptionszeiten (I: 1/2 Stunde, II: 24 Stunden). Man sieht, daß im Falle größerer Sorptionszeit das Emissionsspektrum viel breiter ist. Bei II wurde auch eine Abhängigkeit der Intensitätsverteilung von der Wellenlänge des Erregerlichtes festgestellt (Abb. 2). Das Emissionsspektrum II besteht aus mehreren Banden. Es existieren also verschiedene Fluoreszenzzentren. In Abb. 3 ist das Fluoreszenz-Polarisations-

<sup>8</sup> L. SZALAY, L. GÁTI u. B. SÁRKÁNY, Acta Phys. Hung. **14**, 217 [1962].

<sup>9</sup> V. V. ZELINSKY, V. P. KOLOBKOV u. A. A. SAGANENKO, Optika i Spektr., Sb. No. 1, Lumineszenz, 28 [1963].

<sup>10</sup> A. KAWSKI, Z. Naturforsch. **18 a**, 961 [1963].

<sup>11</sup> A. KAWSKI, Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Math. Astron. Phys. **12**, 173 [1964].

<sup>12</sup> E. LENDVAY, Acta Phys. Hung. **13**, 249, 289, 333 [1961].

<sup>13</sup> E. LENDVAY, Acta Phys. Hung. **14**, 187 [1962].

<sup>14</sup> A. KAWSKI, Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Math. Astron. Phys. **6**, 533 [1958].

<sup>15</sup> J. GRZYWACZ, A. KAWSKI u. Z. POLACKI, Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Math. Astron. Phys. **8**, 187 [1960].



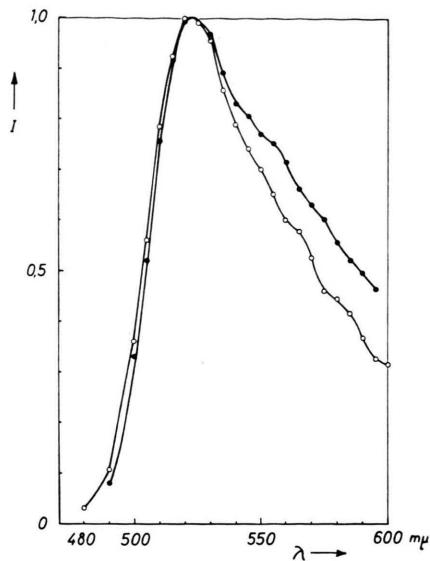


Abb. 1. Emissionsspektren von Fluorescein in Aluminiumoxyd.  
○ Sorptionszeit  $\frac{1}{2}$  Stunde, ● Sorptionszeit 24 Stunden.  
Konzentration der Fluoresceinlösung  $10^{-3}$  Mol/l.

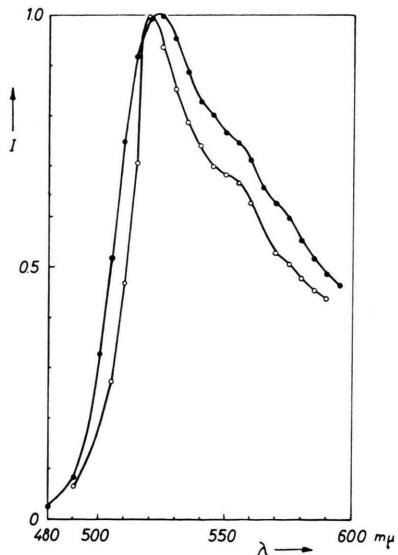


Abb. 2. Emissionsspektren von Fluorescein in Aluminiumoxyd.  
Sorptionszeit 24 Stunden. Erregungswellenlängen: ● 365 mμ,  
○ 313 mμ.

spektrum des Fluoresceins in der oxydierten Aluminium-Schicht wiedergegeben. Der Polarisationsgrad des Fluoreszenzlichtes wurde mit einer photoelektrischen Meßeinrichtung und einem kompensierenden Glasplattensatz<sup>16</sup> gemessen. Das Fluoreszenzlicht wurde mit Hilfe entsprechender Interferenzfilter zerlegt. Die wirksamen Schwerpunkte der angewandten Interferenzfilter waren: 470, 490, 500, 510, 530 und 550 mμ. Bei längeren Wellen konnte der Polarisationsgrad nicht gemessen werden, da die Empfindlichkeit des Photoelektronenvervielfachers in diesem Bereich zu gering war. Der Verlauf des Polarisationsgrades des Fluoreszenzlichtes ist das Ergebnis einer Überlagerung von mindestens zwei Banden.

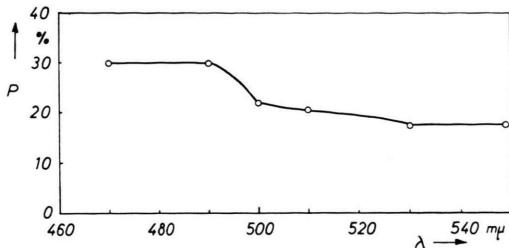


Abb. 3. Fluoreszenz-Polarisationspektrum von Fluorescein in Aluminiumoxyd. Sorptionszeit  $\frac{1}{2}$  Stunde. Erregungswellenlänge 365 mμ.

Es muß noch gesagt werden, daß die Emissionsspektren an der kurzweligen Seite durch die Reabsorption verzerrt sind. Verschiedene Sorptionszeiten verursachen verschiedene Konzentrationen der aktivierenden Fluoresceinmoleküle. Um Emissionsspektren zu erhalten, die nicht durch Reabsorption verzerrt sind, müssen in Übereinstimmung mit der JABLONSKISCHEN Theorie<sup>17</sup> die Absorptionskoeffizienten des anregenden und des emittierten Lichtes bekannt sein. Da die Schichtphosphore auf einer metallischen Unterlage erzeugt sind, ist die genaue Bestimmung der Absorptionskoeffizienten sehr schwierig. Im Falle großer Überlappung der Absorptions- und Emissionsspektren können sogar die Maxima der Emissionsbanden verschiedene Lagen haben, abhängig von der Größe der Konzentration des Aktivators.

<sup>16</sup> A. KAWSKI u. A. SKWIERZ, Optik **18**, 234 [1961].

<sup>17</sup> A. JABLONSKI, C. R. Séanc. Soc. Pol. Phys. **7**, 1 [1926].