

UV-induzierte Radiophotolumineszenz in silber-aktivierten Metaphosphatgläsern *

Von K. BECKER

Zentralabteilung Strahlenschutz der Kernforschungsanlage Jülich

(Z. Naturforschg. 19 a, 1233—1234 [1964]; eingegangen am 20. Juni 1964)

Sowohl für die Beurteilung möglicher Fehlerquellen in der Glasdosimetrie als auch für das physikalische Verständnis der in Dosimetergläsern ablaufenden Prozesse ist die Kenntnis ihres Verhaltens bei Einwirkung von ultraviolettem Licht (UV) von Interesse. Die bisher bekannten Wirkungen auf die von SCHULMAN et al.¹ entwickelten und von YOKOTA et al.² verbesserten Radiophotolumineszenz-Dosimetergläser lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Anregung der ursprünglichen oder der quasi-permanenten, durch energiereiche Strahlung induzierten Fluoreszenz des Silbers (maximale Anregbarkeit der ursprünglichen „Ag⁺“-Zentren um 240 m μ , der strahleninduzierten Ag⁺-Aggregate um 320 m μ mit entsprechenden Emissionen um 380 und 620 m μ). Der fluorimetrischen Auswertung bestrahlter Glasdosimeter liegen diese Vorgänge zugrunde.

2. Zerstörung der strahleninduzierten Fluoreszenzzentren durch intensive UV-Einstrahlung im Bereich ihrer Absorption. Wir fanden bei Bestrahlung mit 365 m μ UV, daß dieser Vorgang eine fast lineare Funktion des Logarithmus der Bestrahlungszeit ist³. Dieser Prozeß kann sowohl zu Störungen sehr genauer Dosismessungen führen als auch dazu benutzt werden, um unerwünschte und gegen thermische Behandlung (Ausheizen) stabile Vordosiserhöhungen wieder zu reduzieren.

3. Analog hierzu erfolgt das Ausbleichen der durch hohe Strahldosen ($> 10^3$ R γ -Strahlung) erzeugten Absorptionsbanden durch UV. Im Falle des Dosimeterglases nach YOKOTA z. B. fanden wir⁴, daß die ausgeprägte Bande bei 320 m μ bei Bestrahlung mit 365 m μ UV weniger stabil ist als die Extinktion bei größeren Wellenlängen. Auch dieser Vorgang läuft als lineare Funktion des Logarithmus der Bestrahlungszeit ab.

Wir haben nun gefunden, daß kurzweiliges UV (< 300 m μ entsprechend $> \sim 4$ eV) ausreicht, um neue permanente Fluoreszenzzentren zu bilden. Die uns zur Verfügung stehende UV-Intensität reichte nicht aus, um auch die zu erwartende, der γ -Wirkung analoge Absorptionsänderung im Glas nachzuweisen. Wegen der sehr starken Absorption von UV dieser Wellenlänge im Glas spielt sich die Fluoreszenzzentrenbildung in der obersten Schicht der bestrahlten Glasoberfläche ab. Möglicherweise stehen damit auch die folgenden Anomalien der UV-induzierten Radiophotolumineszenz im Zusammenhang:

1. Auch die γ -induzierte Fluoreszenz steigt nach Ende der Bestrahlung infolge der thermischen Überführung von an Störstellen festgehaltenen Elektronen in die „Ag⁺“-Zentren noch etwas an. Diese Elektronenüberführung läßt sich durch Erhitzen des Glases beschleunigen⁵. Wir stabilisieren deshalb die von uns verwendeten Dosimetergläser nach YOKOTA durch einstündiges Erhitzen auf 100 °C^{3, 6} und erhalten dabei einen Maximalwert, der etwa 30% über demjenigen liegt, der einige Minuten nach einer einstündigen Bestrahlung mit konstanter Dosisleistung gemessen wird. Im Gegensatz hierzu steigt die UV-induzierte Fluoreszenz nach einstündiger Bestrahlung mit 254 m μ UV sowohl bei 20 °C als auch bei 100 °C weit stärker, nämlich auf mehr als das Doppelte des sofort gemessenen Wertes, an. Der nach der Stabilisierung erhaltene Wert ändert sich auch bei längerer Lagerzeit bei Normaltemperatur kaum (Abb. 1).

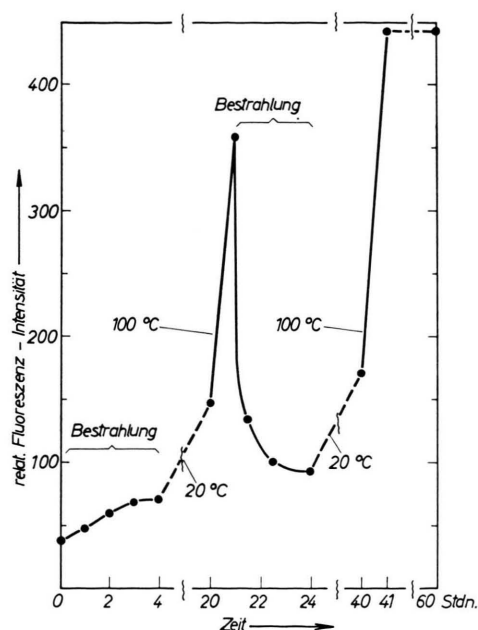


Abb. 1. Relative Fluoreszenzintensität eines Toshiba FD-P 8-Dosimeterglases bei Einstrahlung von 254 m μ UV (Camag UV-Lampe, UG 5 Filter), anschließender Lagerung des bestrahlten Glases bei 20 und 100 °C, erneuter Bestrahlung mit UV und Lagerung. Fluoreszenzmessung mit dem Toshiba FGD-B 3-Fluorimeter.

2. Erneute Bestrahlung eines Glases mit stabilisierter UV-Radiophotolumineszenz mit UV der gleichen Wellenlänge führt nicht, wie bei γ -Bestrahlung, zu

* 3. Mitteilung über Radiophotolumineszenz-Dosimetrie.

¹ J. H. SCHULMAN, W. SHURCLIFF, R. J. GINTHER u. F. H. ATTIX, *Nucleonics* 11 (No. 10), 52 [1953].

² R. YOKOTA, S. NAKAJIMA u. E. SAKAI, *Health Physics* 5, 219 [1961].

³ K. BECKER, *Nukleonik* 5, 154 [1963].

⁴ K. BECKER, *Health Physics*, im Druck.

⁵ H. VOGEL u. K. BECKER, *Nukleonik*, im Druck.

⁶ K. BECKER, *Kerntechnik* 6, 199 [1964].



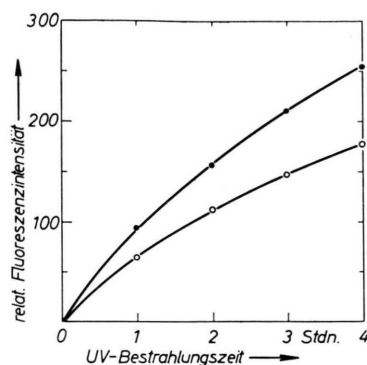


Abb. 2. Relative Fluoreszenzintensität eines FD-P 8-Dosimeterglasblockchens (Meßwerte: ●) von $8 \times 8 \times 4,7$ mm (Bestrahlung auf Breitseite) und eines Glasplättchens (○) von $15 \times 6 \times 1,5$ mm nach YOKOTA nach Bestrahlung mit 254μ UV und einstündigem Stabilisieren bei 100°C vor jeder Messung (für die fluorimetrische Messung wurden unterschiedliche Küvetten verwendet, wodurch sich die Empfindlichkeitsdifferenz ganz oder teilweise erklärt).

Beugungsexperimente mit langsamen Elektronen an Silber-Aufdampfschichten

VON KLAUS MÜLLER

Institut für theoretische Physik der Technischen Hochschule Karlsruhe

(Z. Naturforschg. 19 a, 1234—1235 [1964]; eingeg. am 10. August 1964)

Ein hervorragendes Hilfsmittel zur Untersuchung der Struktur dünner Aufdampfschichten sollte die Beugung langsamer Elektronen sein. Für die bisher meist benutzten Durchstrahlungsaufnahmen mit schnellen Elektronen muß man die Schicht von der Unterlage ablösen. Sucht man diesen gewaltsamen Eingriff durch Beugung unter streifendem Einfall der Elektronen¹ zu vermeiden, so besteht immer noch die Gefahr zu starker Erwärmung und damit verbundener Umorientierungen. Langsame Elektronen verursachen keine wesentliche Erwärmung. Ohne den Zwang, die Schicht an die Atmosphäre zu bringen, lassen sich mit ihnen sofort nach der Schichtherstellung im selben Gefäß bei bestem Vakuum Rückstrahlreflexe aufnehmen, wobei man sicher ist, daß die Eindringtiefe der Elektronen nur wenige Atomlagen beträgt². Damit entfallen Störungen durch zusätzliche Beugung an der Unterlage. Schnelle Elektronen sind zudem ungeeignet, Gasadsorption an der Oberfläche der Aufdampfschichten zu untersuchen, zumal die Primärstrahlenergie auch den Adsorptionsvorgang selbst empfindlich stört. Mit langsamen Elektronen dagegen kann man diesen bei kontrollierter Gaszugabe unmittelbar verfolgen, indem man die Beugung am Gitter der adsorbierten Atome untersucht³.

¹ R. NIEDERMAYER, Dissertation, Bergakademie Clausthal 1963.

² H. E. FARNSWORTH, Phys. Rev. 49, 605 [1936].

einem weiteren bis zu sehr hohen Dosen hin stetigem Anstieg der Radiophotolumineszenz, sondern zu einem Abfall. Durch erneute Lagerung oder Temperaturbehandlung werden jedoch Fluoreszenzwerte erhalten, die über den ursprünglichen liegen (Abb. 1).

3. Im Gegensatz zur γ -Strahlung, die auf das gesamte Glasvolumen wirkt, wird bei der Einstrahlung von kurzwelligem UV die Dosis-Effekt-Beziehung für Gläser, die nach jeder Bestrahlung einer Stabilisierung (1 Std., 100°C) unterzogen wurden, schon bei relativ niedrigen Radiophotolumineszenz-Intensitäten alinear (Abb. 2). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich bei wiederholter Temperaturbehandlung auch das dadurch beschleunigte Fading des Strahlungseffektes bemerkbar macht.

Ein quantitativer Vergleich der Glasempfindlichkeit für kurzwelliges UV und RÖNTGEN-, γ - oder Korpussular-Strahlung sowie eine befriedigende theoretische Deutung des UV-Bestrahlungsverhaltens radiophotolumineszenter Festkörper stehen noch aus.

Allerdings mußten Beugungsexperimente mit langsamen Elektronen wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber störenden Feldern und aus Intensitätsgründen schwierig sein. Zudem war zu befürchten, daß die reflektierten Strahlen bei unvollkommener Ausbildung der Schichtoberfläche in deren Rauigkeiten stecken bleiben. So wird verständlich, daß in der Literatur derartige Versuche bisher fehlen. — Da wir im hiesigen Institut in weiterem Rahmen am Studium der Gasadsorption an der Oberfläche von Metallaufdampfschichten interessiert sind, haben wir dennoch versucht, eine solche Beugungsanordnung für langsame Elektronen zu entwickeln und geben jetzt die ersten Ergebnisse wieder.

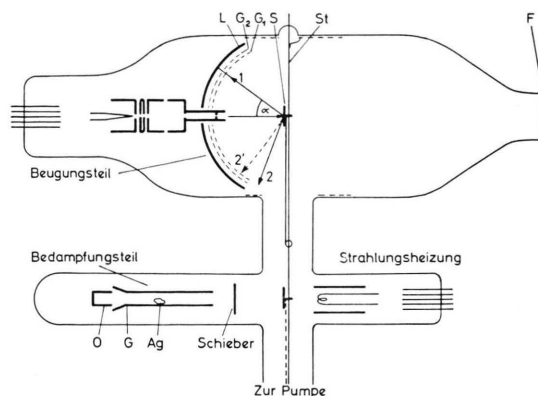


Abb. 1. Bedampfungs- und Beugungsapparatur.

³ L. H. GERMER, E. J. SCHEIBNER u. C. D. HARTMAN, Phil. Mag. 5, 222 [1960].