

Kurzbeitrag

DK 539.1.074:666.113.2.621'33'18:666.113.2.621'47'28'27'18
620.193.6:620.183.2:681.732.23

Detektorglas zur Energiebestimmung hochenergetischer schwerer Ionen und Spaltprodukte

Detector glass for determining the energy of highly energetic heavy ions and fission products

Verre détecteur pour la détermination de l'énergie d'ions lourds et de produits de fission fortement énergétiques

Von Hans Herbert Käs, Darmstadt

(Mitteilung aus dem FB Elektrotechnik, Abt. Werkstoffe der FH Darmstadt, Darmstadt)

(Eingegangen am 28. Juli 1975)

Die von energiereichen schweren Ionen und Spaltprodukten in Isolatormaterialien erzeugten Schadstellen lassen sich wegen ihrer gegenüber der Umgebung leichteren Ätzbarkeit durch Anätzen sichtbar machen und mikroskopisch auswerten [1]. Eine zusammenfassende Darstellung dieser nichtfotografischen Kernspurregistrierung („track-fission“-Methode) gibt Piesch [2].

Theoretische und experimentelle Untersuchungen [3 u. 4] weisen zwischen der Ätzkraterfläche F und der kinetischen Teilchenenergie E den Zusammenhang $F = C \sqrt{E}$ nach. C ist unter konstanten Ätzbedingungen eine werkstoffspezifische Kenngröße. Da kristalline Substanzen keine runden Ätzfiguren und Kunststoffe für $E > 10$ MeV eine zu geringe Energieabhängigkeit ergeben [5], sind für hochenergetische Partikel Gläser als Energiedetektoren am besten geeignet. Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines Detektorglases mit möglichst hoher Energieauflösung.

Vorversuche ergaben eine mit der Reihe Fluor-, Silicat-, Borat-, Phosphatglasbasis zunehmende Energieauflösung. Unter den Phosphatgläsern wurden die relativ verwitterungsbeständigen Systeme $Al(PO_3)_3$ - $Ba(PO_3)_2$ - $Mg(PO_3)_2$, $Al(PO_3)_3$ - $NaPO_3$ mit Alkali-, Erdalkali-, Bleimetaphosphatzusätzen und $Al(PO_3)_3$ - HPO_3 mit CdO -, CuO -, PbO -, WO_3 -, ZnO -, Bi_2O_3 - und Fe_2O_3 -Zusätzen näher untersucht. Die höchste Energieauflösung zeigten ein Glas der Zusammensetzung (in Mol-%) 10 $Al(PO_3)_3$; 90 $NaPO_3$ und Gläser im Dreistoffsystem ZnO - $Al(PO_3)_3$ - HPO_3 . Bild 1 gibt den Glasigkeitsbereich dieses Systems für 50-g-Schmelzen bei Abguß auf eine auf 150 °C vorerwärmte Metallplatte an.

Zur Erfassung des Störeinflusses von Gamma- und Elektronenstrahluntergrund wurden die Gläser einer 10-MeV-Elektronenstrahlung ausgesetzt. Bei einer Strahlungsbelastung, bei der andere Gläser beim Ätzen zerbrachen oder verschwommene Ätzfiguren lieferten, konnten mit Zusammensetzungen aus dem in Bild 1 schraffiert gezeichneten Bereich die Spaltspuren noch einwandfrei vermessen werden.

Ein SiO_2 - und B_2O_3 -Zusatz erleichterte die Ätz- und Schmelztechnologie. Als wichtig erwies sich, die Rohstoffe in der angegebenen Form einzusetzen. Zusammensetzungen, die bei gleicher Bruttoformel Al_2O_3 , Ortho- oder Pyrophosphate enthielten, ergaben schlechtere Detektoreigenschaften. Änderungen in der Schmelzföhrung zogen, ohne den Maximalwert der Energieauflösung stark zu beeinflussen, Änderungen in der Ätztechnologie nach sich. Eine Feintemperung optimierte die Gläser.

In Bild 2 ist die Energieauflösung $\Delta d/\Delta E$, d. h. die Veränderung des Ätzlochdurchmessers d in μm für eine Energie-

änderung von 1 MeV als Funktion der Energie für ein Glas der Zusammensetzung (in Mol-%) 15 ZnO , 34 $Al(PO_3)_3$, 47 HPO_3 , 3 B_2O_3 , 1 SiO_2 dargestellt. Das planpolierte Glas wurde mit ^{239}Pu -Spaltprodukten, deren Energie massenspektroskopisch bestimmt wurde, senkrecht bestrahlt und anschließend in 10 n $NaOH$ 35 Stunden bei 55 °C geätzt. Zum Vergleich sind die aus der Literatur [5] berechneten Kurven für Mikroskopdeckglas und Hostaphan mit angegeben.

Mit dem Interferenzkontrastverfahren läßt sich der Ätzlochdurchmesser auf etwa 1 μm genau ermitteln. Wie man aus Bild 2 abliest, liegt damit die Energieauflösung in der Größenordnung 1 MeV. Die Massenabhängigkeit, bestimmt durch Bestrahlung mit Massen von etwa 98 AME und 135 AME, ist bei 20 MeV kleiner 0,15 und bei 80 MeV kleiner 0,015 $\mu m/AME$. Diese Eigenschaften, die Unempfindlichkeit gegenüber Störstrahlung und die Dokumentation der Meßergebnisse ermöglichen es, den Detektor neben der Dosimetrie zur Bestimmung von Energieverteilungskurven der bei Kernspaltungen entstehenden Spaltprodukte einzusetzen.

Der Verfasser dankt Herrn Dr. G. Fiedler für die Bestimmung der Energieabhängigkeit.

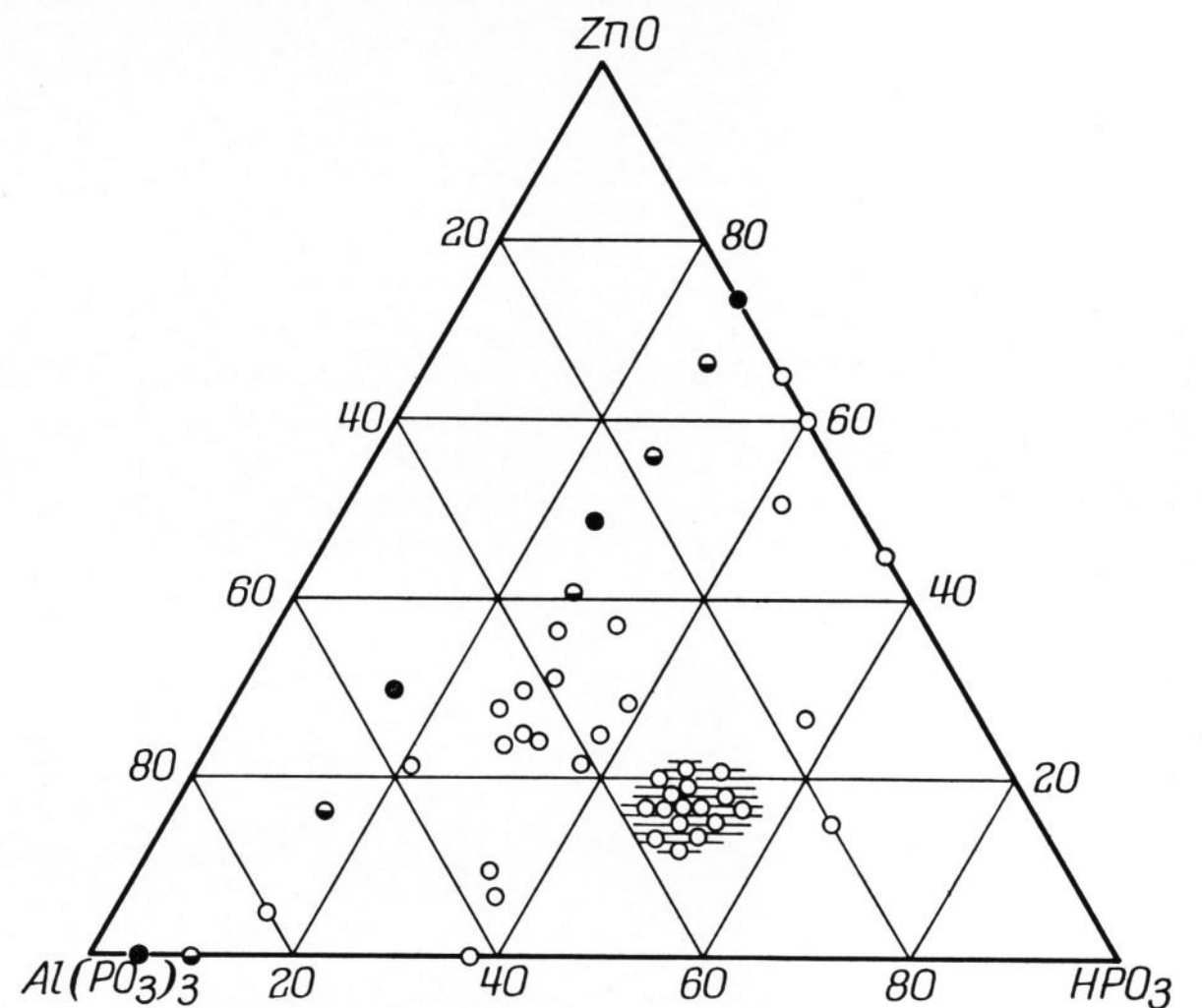


Bild 1. Glasigkeitsbereich im System HPO_3 - $Al(PO_3)_3$ - ZnO . Konzentrationsangaben in Mol-%.
○ Glas, ● Glas mit Kristallen, ● kristallin.

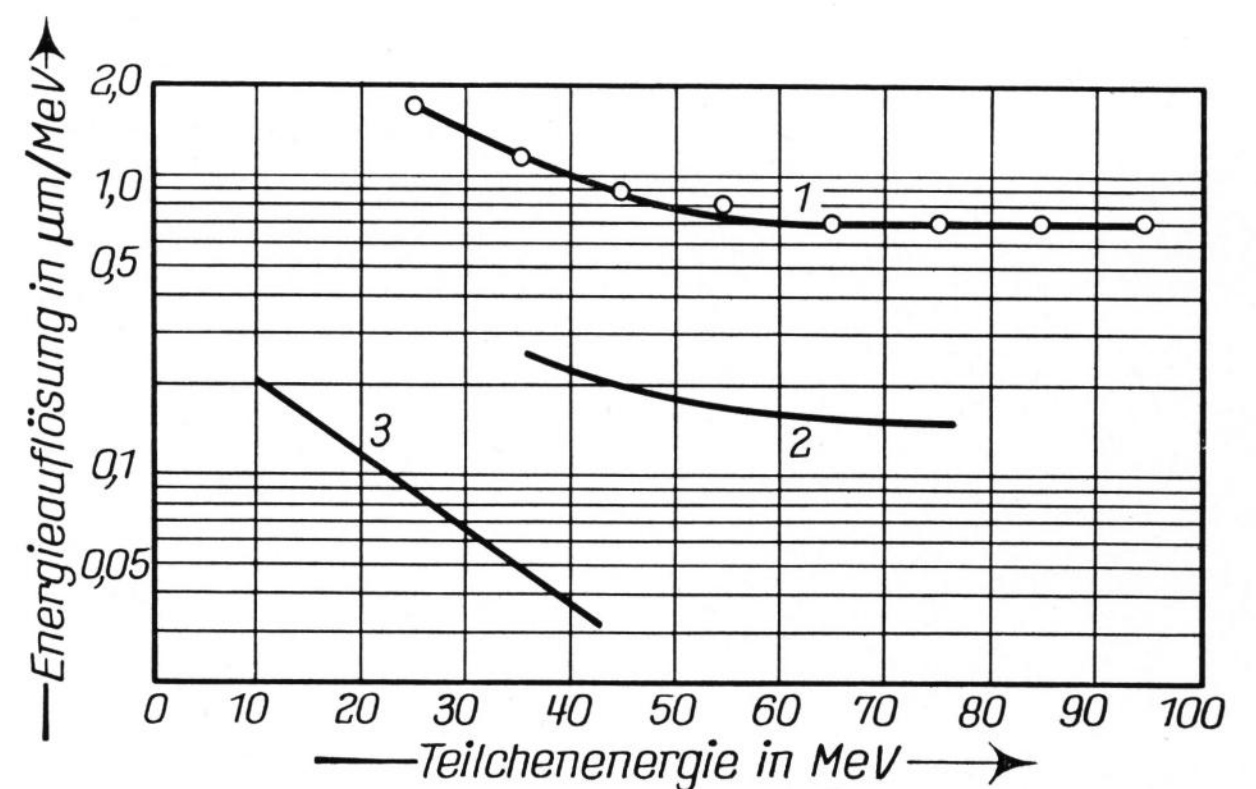


Bild 2. Energieauflösung als Funktion der Teilchenenergie.
Kurve 1: entwickeltes Detektorglas;
Kurve 2: Mikroskopdeckglas, berechnet nach [5];
Kurve 3: Hostaphan, berechnet nach [5].

Literatur

- [1] Fleischer, R. L.; Price, P. B. und Walker, R. M.: Spuren geladener Teilchen in Festkörpern. (Orig. engl.) *Science* **149** (1965) S. 383 – 393.
- [2] Piesch, E.: Anwendung der nichtphotographischen Kernspurregistrierung in Festkörpern. *Glas-Instrum.-Techn.* **16** (1972) S. 810 – 816.
- [3] Siegert, G.; Fiedler, G. und Aschenbach, J.: Zur Messung schwerer Ionen mit Festkörperdetektoren aus Glas. *Z. Naturforsch.* **28a** (1973) S. 544 – 545. [Ref. Glastechn. Ber. **47** (1974) Nr. 4, 74R0383.]
- [4] Aschenbach, J.; Fiedler, G.; Schreck-Köllner, H. u. a.: Special glasses as energy detectors for fission fragments. *Nuclear Instrum. and Methods* **116** (1974) S. 389 – 395.
- [5] Höppner, U.; Konecny, E. und Fiedler, G.: The diameter of etched fragment tracks in solid state nuclear track detectors as a function of the particle energy. *Nuclear Instrum. and Methods* **74** (1969) S. 285 – 290.

75R1410