

## Dielektrische Messungen an Plexiglas bei 36,06 GHz und 70,86 GHz

VON JOACHIM HAASE, EBERHARD SISTIG UND WERNER ZEIL

Lehrstuhl für Chemische Physik der Universität Kiel \*  
(Z. Naturforsch. 18 a, 883 [1963]; eingegangen am 18. Juni 1963)

Von Plexiglas der Firma Röhm & Haas, Darmstadt, wurden bei Zimmertemperatur für die Frequenzen 36,06 GHz und 70,86 GHz die Dielektrizitätskonstante und der Verlustfaktor nach der Impedanzmethode von ROBERTS und HIPPEL<sup>1</sup> gemessen. Das 36 GHz-Klystron war über eine Mikrowellenfrequenzdekade FD 3 und einen Synkriminator FDS 30 der Firma Schömann & KG, München, stabilisiert. Zur Messung wurde die Mikrowellenstrahlung mit 18,75 Hz mechanisch moduliert und im Empfangsteil der Anlage mit einem Schmalbandverstärker verstärkt. Die Stabilisierung der 70 GHz-Frequenz ließ sich durch eine Kaskadenschaltung unter Verwendung eines 35 GHz-Klystrons und eines 70 GHz-Klystrons über die Mikrowellenfrequenzdekade FD 3 sowie die Synkriatoren FDS 3 und FDS 30 erreichen.

Aus der Verschiebung  $\Delta l$  des Minimums des Stehwellenfeldes nach Einbringen der Probe errechnete sich die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon'$  nach der Gleichung

$$\epsilon' = \frac{1 + (a/\pi L_2)^2}{1 + (2a/\lambda_L)^2},$$

wobei  $x = (2\pi/\lambda_L) L_2$  über die Beziehung

$$\frac{\tan(2\pi/\lambda_L)(L_2 - \Delta L)}{(2\pi/\lambda_L) L_2} = \frac{\tan x}{x}$$

erhalten worden war. Mit der von DAKIN und WORKS<sup>2</sup> angegebenen Formel

$$\tan \delta = \frac{(1/\lambda_c^2) + (1/\lambda_L^2) - (1/\epsilon' \lambda_c^2)}{(1/\lambda_c^2) + (1/\lambda_L^2)} \cdot \frac{\beta_s L_2 [1 + \tan^2 \beta (L_2 - \Delta L)]}{\beta_s L_2 (1 + \tan^2 \beta_s L_2) - \tan \beta_s L_2} \cdot \frac{w}{L_2}$$

wurde der Verlustfaktor berechnet. Hierbei bedeuten:  $L_2$  = Länge der Probe,

$\Delta L = l_2 - l_1$  = Verschiebung des Minimums durch das in den Hohlleiter eingebrachte Dielektrikum,  
 $l_1$  = Lage des ersten Minimums in der Meßleitung – vom Kurzschluß aus gesehen – bei leerem Hohlleiter,  
 $l_2$  = Lage des ersten Minimums in der Meßleitung, das auf  $l_1$  – in Richtung zum Klystron – folgt, bei gefülltem Hohlleiter,

$w$  = Knotenbreite,  
 $\lambda_L$  = Hohlleiterwellenlänge,  
 $\lambda_c$  = Kritische Wellenlänge =  $2a$ ,  
 $a$  = Breitseite des Hohlleiters.

Es wurden die dielektrischen Daten von je sechs Plexiglasproben mit verschiedener Länge bestimmt. Als Mittelwerte ergaben sich für die beiden Frequenzen die Werte der Tab. 1.

Frequenz	$\epsilon'$	$\tan \delta \cdot 10^4$
36,06 GHz	$2,60 \pm 0,03$	$91,5 \pm 7$
70,86 GHz	$2,54 \pm 0,03$	$112 \pm 10$

Tab. 1.

Die große Fehlerbreite bei den  $\tan \delta$ -Werten beruht auf der Unsicherheit in der Bestimmung der Hohlleiter-eigenverluste.

Die Ergebnisse bestätigten, wie Abb. 1 zeigt, den von SISTIG<sup>3</sup> gefundenen Anstieg des dielektrischen Verlustes von Plexiglas zu höheren Frequenzen hin, während die bisher bekannten Messungen im Bereich unterhalb 10 GHz<sup>4</sup> einen kontinuierlichen Abfall des  $\tan \delta$  mit steigender Frequenz ergaben.

Da die in <sup>3</sup> angegebene Kurve sich auf 27 °C bezog, wurden die in der Abbildung eingezeichneten Meßergebnisse unter Zugrundelegung des in <sup>3</sup> beschriebenen  $\tan \delta = f(T)$ -Verlaufes durch eine Erhöhung des gemessenen Wertes erhalten.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für eine Sachbeihilfe. Der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik A.G., Ludwigshafen, sind wir für großzügige Unterstützung zu Dank verpflichtet.

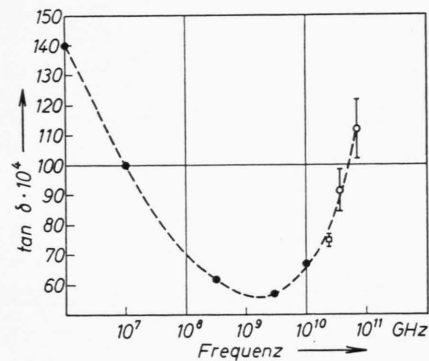


Abb. 1. Verlauf des  $\tan \delta$  mit der Frequenz bei 27 °C. Hierbei bedeuten: ● Werte aus <sup>4</sup>, □ Wert aus <sup>3</sup> und ○ eigene Werte.

\* Derzeitige Anschrift: Laboratorium Prof. Dr. ZEIL, Karlsruhe, Hertzstr. 16, Westhochschule.

<sup>1</sup> S. ROBERTS u. A. v. HIPPEL, J. Appl. Phys. 17, 610 [1946].

<sup>2</sup> T. DAKIN u. C. WORKS, J. Appl. Phys. 18, 789 [1947].

<sup>3</sup> E. SISTIG, Diplomarbeit, T.H. Karlsruhe 1962.

<sup>4</sup> A. v. HIPPEL, Dielectric Materials and Applications, Technology Press of Mass. Inst. Technol., Boston 1958.

