

Excitonen im Energieverlustspektrum
von KBr und Xe

P. KEIL

Institut für Angewandte Physik der Universität Hamburg
(Z. Naturforschg. 21 a, 503 [1966] ; eingegangen am 17. März 1966)

In den optischen Spektren verschiedener Isolatoren finden sich im Bereich der Absorptionskante einige sehr scharfe Linien, die auf Excitonenanregung beruhen. Auch im Energieverlustspektrum konnten diese Excitonen, und zwar an KBr, nachgewiesen werden¹. Bei den im folgenden beschriebenen Untersuchungen an Excitonen im Energieverlustspektrum von 50 keV-Elektronen konnte durch Verwendung monochromatisierter Elektronen und tiefer Temperaturen ein wesentlicher Fortschritt erzielt werden.

Die Messungen wurden mit Hilfe des von HARTL² beschriebenen Monochromators bei einer Energieauflösung von etwa 100 meV durchgeführt. Um die Untersuchungen bis zu Heliumtemperaturen ausdehnen und dadurch die Linienverbreiterung infolge von Phononwechselwirkung möglichst klein halten zu können, wurde ein mit flüssigem Helium gekühlter Präparathalter³ eingesetzt. Die Temperatur des Präparates wurde mit einem Kohlewiderstand gemessen.

KBr

Das Energieverlustspektrum von KBr wurde an einer ca. 700 Å dicken, auf Kollodium aufgedampften Schicht bei 7, 78 und 290 °K gemessen. Abb. 1 zeigt zwei dieser Spektren (ausgezogen bei 7 °K, gestrichelt

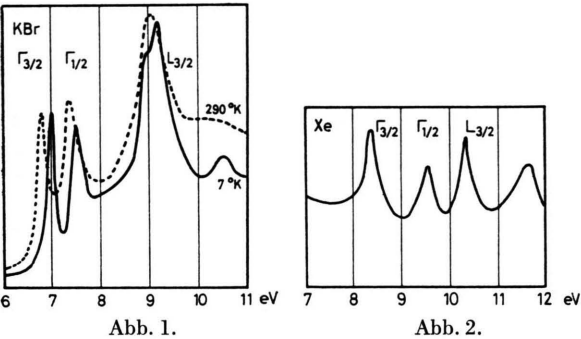


Abb. 1. Energieverlustspektrum von KBr mit den Excitonen $\Gamma_{3/2}$, $\Gamma_{1/2}$ und $L_{3/2}$ bei 7 °K und 290 °K; Elektronenenergie 50 keV.

Abb. 2. Energieverlustspektrum von kristallinem Xe mit den Excitonen $\Gamma_{3/2}$, $\Gamma_{1/2}$ und $L_{3/2}$ bei 10 °K; Elektronenenergie 50 keV.

¹ M. CREUZBURG u. H. RAETHER, Solid State Commun. 2, 345 [1964]. — H. RAETHER, Springer Tracts in Modern Physics, Vol. 38, S. 139 [1965].

² W. HARTL, Phys. Letters 13, 133 [1964] ; Z. Phys., in Vorbereitung.

³ E. FRENZEL, Diplomarbeit, Universität Hamburg, 1966.

⁴ J. C. PHILLIPS, Phys. Rev. 136, A 1705 [1964].

| | Temperatur °K | Energieverluste in eV | | | Absorptionsmaxima in eV | | |
|-----|---------------|-----------------------|----------------|-----------|-------------------------|----------------|-----------|
| | | $\Gamma_{3/2}$ | $\Gamma_{1/2}$ | $L_{3/2}$ | $\Gamma_{3/2}$ | $\Gamma_{1/2}$ | $L_{3/2}$ |
| KBr | 290 | 6,80 | 7,38 | 9,07 | 6,60 | 7,15 | 8,57 |
| | 78 | 6,93 | 7,48 | 9,08 | 6,77 | 7,26 | 8,60 |
| | 7 | 6,98 | 7,51 | 9,08 | — | — | — |
| Xe | 10 | 8,41 | 9,51 | 10,37 | 8,36 | 9,53 | 10,30 |

Tab. 1. Excitonen.

bei 290 °K) mit den ausgeprägten Excitonen $\Gamma_{3/2}$, $\Gamma_{1/2}$ und $L_{3/2}$ ⁴. Der Vergleich mit den optischen Messungen⁵ (Tab. 1) zeigt eine geringe Verschiebung, offenbar hervorgerufen durch die Tatsache, daß im Energieverlustspektrum $\epsilon_2/|\epsilon|^2$ statt ϵ_2 gemessen wird. In Übereinstimmung mit früheren Messungen^{5, 6} verschieben sich im optischen wie im Energieverlustspektrum das erste und zweite Maximum mit sinkender Temperatur zu höheren Energien, während das dritte seine Lage beibehält. Tab. 2 gibt die gemessenen Werte wieder.

| | Elektronen | | | optisch | | |
|------------------------------------------------------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|-----------|
| | $\Gamma_{3/2}$ | $\Gamma_{1/2}$ | $L_{3/2}$ | $\Gamma_{3/2}$ | $\Gamma_{1/2}$ | $L_{3/2}$ |
| $\Delta E(78^\circ\text{K}) - \Delta E(290^\circ\text{K})$ | 0,13 | 0,10 | 0,01 | 0,17 | 0,11 | 0,03 |
| $\Delta E(7^\circ\text{K}) - \Delta E(290^\circ\text{K})$ | 0,18 | 0,13 | 0,01 | — | — | — |

Tab. 2. Energieverschiebungen in eV bei KBr.

Xenon

Für die Untersuchung des Xe-Spektrums wurde im Hochvakuum (etwa 10^{-6} Torr) ein Xe-Film bei einem Partialdruck von etwa 10^{-4} Torr auf einer heliumgeköhlten Kohlefolie kondensiert und getempert (kurzzeitig bis auf 70 °K erwärmt). Interferenzaufnahmen³ zeigen den 111-, 200-, 331-, 420-Ring und lassen auf ein kubisch flächenzentriertes Gitter mit einer Gitterkonstante von $6,24 \text{ Å} \pm 1\%$ schließen. Das Energieverlustspektrum (Abb. 2) weist drei scharfe Maxima (Tab. 1) auf, deren Lagen mit denen der aus optischen Messungen⁷ bekannten Excitonenübergänge $\Gamma_{3/2}$, $\Gamma_{1/2}$ und $L_{3/2}$ ⁸ gut übereinstimmen. Auf stickstoffgeköhlter * Folie (niedergeschlagene Xe-Schichten, die keine DEBYE-SCHERRER-Ringe zeigen (Xenon kristallisiert unter einem Druck von 10^{-4} Torr erst bei etwa 70 °K), besitzen ebenfalls drei Energieverlustmaxima. Das erste Maximum liegt hier bei um 0,2 eV kleineren Energien als bei Heliumtemperaturen. BEAGLEHOLE⁹ beobachtete diese Verschiebung des ersten Verlustmaximums an flüssigem Xenon.

Für die Förderung dieser Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. H. RAETHER.

⁵ J. E. EBY, K. J. TEEGARDEN u. D. B. DUTTON, Phys. Rev. 116, 1099 [1959].

⁶ M. CREUZBURG u. H. RAETHER, Phys. Letters 18, 231 [1965].

⁷ G. BALDINI, Phys. Rev. 128, 1562 [1962].

⁸ J. C. PHILLIPS, Phys. Rev. 136, A 1715 [1964].

⁹ D. BEAGLEHOLE, Phys. Rev. Letters 15, 551 [1965].

* 78 °K.

