

## Über die optische Aktivität des Selens

Von W. HENRION und F. ECKART

Physikalisch-Technisches Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Bereich elektronische Halbleiter (Z. Naturforschg. **19 a**, 1024—1025 [1964]; eingegangen am 25. Mai 1964)

Die Kristallstruktur der trigonalen Modifikation des Selens läßt infolge ihrer nicht-zentrosymmetrischen Konfiguration optische Aktivität vermuten. Das Fehlen eines Symmetriezentrums ist jedoch nur notwendige Bedingung<sup>1</sup> für das Auftreten der optischen Aktivität, während das Vorhandensein enantiomorpher Kristallformen (Selen gehört zur enantiomorphen Klasse und besitzt die Raumgruppe  $D_3^4$  bzw.  $D_3^6$ ) keine notwendige Bedingung hierfür ist.

Der Grund, weshalb optische Aktivität bisher nur an Tellur<sup>2</sup>, nicht auch an Selen-Einkristallen gefunden wurde, ist, daß sowohl durch Sublimation aus der Dampfphase als auch bei Züchtungen aus der Schmelze gewöhnlich nur Einkristalle wachsen, die die (10 $\bar{1}0$ )-Fläche als Tafelfläche haben, während die (0001)-Fläche kaum ausgebildet ist. Wegen der Asymmetrie in den Bindungskräften lassen sich weder durch Spalten, Sägen oder Schleifen größere Kristallplättchen mit (0001) als Tafelfläche gewinnen.

Bei Untersuchungen des Einflusses einer Chlordotierung auf das Kristallwachstum aus der Dampfphase wurden indessen charakteristische Veränderungen an der Oberfläche der Kristalle festgestellt, die sich durch Adsorption von Chlor bzw. Selenchlorid verstehen ließen<sup>3</sup>. Es lag deshalb nahe zu vermuten, daß ein entsprechend hoher Chlor-Dampfdruck im Sublimationsgefäß zur Ausbildung der Fläche (0001) als Tafelfläche führen sollte, da sich Chlor bevorzugt an den Kettenenden anlagert. Nach dieser Methode erhielten wir Kristalle von 0,02 bis 0,5 mm Dicke und  $3 \times 7$  mm<sup>2</sup> Tafelfläche. Die Oberflächen der Kristalle waren mehr oder weniger rein und wurden deshalb vor den Messungen

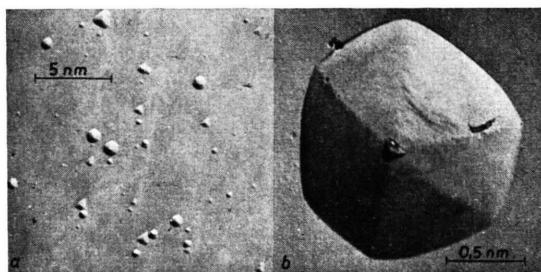


Abb. 1. Elektronenmikroskopisches Bild einer geätzten (0001)-Fläche eines aus der Dampfphase gewachsenen hexagonalen Selen-Einkristalls. Ätzbedingungen: 1 cm<sup>3</sup> konz. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 3 Tropfen konz. HNO<sub>3</sub>, 1 min, 20 °C. Präparation: Kohleabdruck mit Pt. Vergrößerung: (a) 3000-fach, (b) 30 000-fach.

Im Maßstab muß es  $\mu\text{m}$  statt nm heißen.

geätzt<sup>3</sup>. Spaltversuche und LAUE-Aufnahmen bestätigen, daß sich tatsächlich die Fläche (0001) ausgebildet hatte. Das elektronenmikroskopische Bild einer geätzten (0001)-Fläche zeigt Abb. 1. Die Ätzgrübchendichte war unterschiedlich und betrug im Mittel etwa  $10^5/\text{cm}^2$ .

Die Apparatur zur Messung der optischen Drehung bestand aus einem Leiss-Doppelmonochromator mit Schwerflintprismen, Zeiss-Polarisationsfiltern, Abbildungsoptik und einer PbS-Widerstandszelle als Strahlungsempfänger. Das erste Polarisationsfilter war derart angeordnet, daß die etwa 30-proz. Monochromatorpolarisation ausgenutzt wurde. Die Strahlung wurde mit einer Zerhackerscheibe und Tonbandmotor mit 16 Hz moduliert. Das Meßsignal gelangte über einen Schmalbandverstärker auf einem Röhrenvoltmeter zur Anzeige.

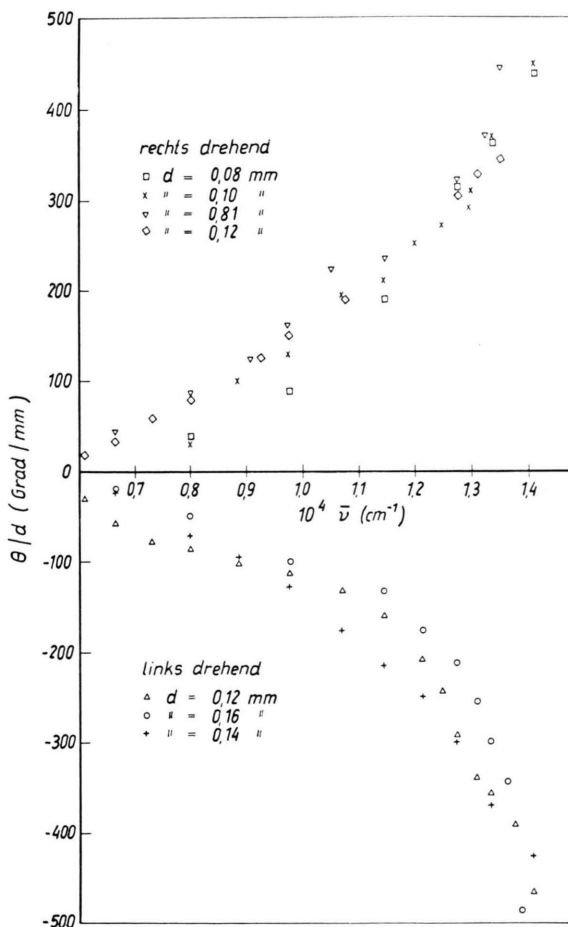


Abb. 2. Das optische Drehungsvermögen  $\Theta/d$  hexagonaler Selen-Einkristalle als Funktion der Wellenzahl  $\nu = 1/\lambda$ .

<sup>1</sup> W. KLEBER, Einführung in die Kristallographie, VEB Verlag Technik, Berlin 1961, S. 292.

<sup>2</sup> K. C. NOMURA, Phys. Rev., Lett. **5**, 500 [1960].

<sup>3</sup> F. ECKART, W. HENRION u. H. PEIBST, Z. phys. Chem., im Erscheinen.



Bei Messungen der optischen Aktivität ist es üblich, die spezifische Drehung  $\Theta/d$  (Drehung in Grad/mm Probendicke) als Funktion der Wellenlänge oder Wellenzahl darzustellen. Abb. 2 zeigt die für links- und rechtsdrehende Kristalle bei Zimmertemperatur erhaltenen Resultate. Die starke Streuung der Meßwerte ist dadurch bedingt, daß die Kristalle nicht exakt planparallele Oberflächen besaßen und sich deshalb Fehler bei der Bestimmung ihrer Dicke sowie Fehlorientierungen ergaben. Die Ergebnisse können mit der aus den MAXWELLSchen Gleichungen ableitbaren FRESNELSchen Formel für die spezifische Drehung

$$\frac{\Theta}{d} = \frac{\pi}{\lambda} \cdot (n_r - n_l)$$

<sup>4</sup> A. TAUSEND, Dissertation, Technische Universität Berlin 1961.

<sup>5</sup> F. ECKART u. W. HENRION, phys. stat. sol. 2, 841 [1962].

diskutiert werden, worin  $n_r$  und  $n_l$  die Brechungszahlen der rechts bzw. links zirkularen Komponente gegen Luft bedeuten. Für die zirkulare Doppelbrechung erhält man mittlere Werte von  $(n_r - n_l) = \pm 0,3 \cdot 10^{-3}$  bei  $1,67 \mu$  und  $\pm 1,8 \cdot 10^{-3}$  bei  $0,71 \mu$ , während entsprechende Untersuchungen an Tellur-Einkristallen  $(n_r - n_l) = \pm 1,6 \cdot 10^{-3}$  bei  $5 \mu$  ergaben<sup>2</sup>. Die optische Aktivität von Quarz, Natriumchlorat u. a. ist vergleichsweise um fast zwei Größenordnungen geringer.

Da das Drehungsvermögen als eine Erscheinung der Lichtbrechung ähnlichen Gesetzen unterworfen ist wie der Brechungsindex selbst, verwundert es nicht, daß die Abhängigkeit der Drehung von der Wellenlänge (Rotationsdispersion) einen ähnlichen Verlauf zeigt wie der Brechungsindex von Selen-Einkristallen<sup>4, 5</sup>.

Herrn Dr. G. AMMON und Frau M. REITZE danken wir für die Anfertigung der elektronenmikroskopischen Aufnahmen.

---

## BESPRECHUNG

---

**The Feynman Lectures on Physics.** Von RICHARD P. FEYNMAN, ROBERT B. LEIGHTON und MATTHEW SANDS. Addison-Wesley Publishing Company Inc., Reading, Palo Alto und London. Preis: Band I (1963) \$ 8.75, Band II (ersch. 1964) \$ 9.75.

Dies ist ein Buch ohne Traditionen und ohne Vorläufer. Auch ganz gegen die Tradition möchte ich mit der Zusammenfassung beginnen: Es ist ein erstaunliches, ja faszinierendes Buch — trotz aller von dem spiritus rector des Unternehmens, dem bekannten Theoretiker R. P. FEYNMAN geäußerten Selbstkritik. Es basiert auf einer Anfängervorlesung, die am California Institute of Technology von einem Team von Professoren gehalten wurde. Sie hatte einen Umfang, an den man bei uns kaum zu denken wagt. Denn: Alles, was in dem Buch steht, ist offenbar auch gesagt worden! Es ist ein nachahmenswertes Beispiel unternehmerischen Geistes in Anbetracht unserer recht verstaubten Ausbildungsmethoden. Diese beruhen ja auf der nicht (mehr?) zutreffenden Annahme, daß unsere Studenten von vornherein selbständig denkende Menschen sind — oder wenigstens eine (vielleicht sogar humanistische) Bildung besitzen, die die notwendige Haltung zur Wissenschaft vermitteln soll.

Die Amerikaner sind da weitaus realistischer, wie man z. B. hier lernen kann. Erstens wird, da sie keinen hohen Bildungsstand erwarten, die Physik viel mehr als bei uns im Rahmen der Gesamtnaturwissen-

schaften (bis hin zur Psychologie) gesehen, indem leistungswerte Kapitel über die Beziehungen der Physik zu anderen Gebieten eingeschoben werden. Zweitens, und das ist wichtiger, wird statt Tatsachen anzuhäufen — die oft doch nur noch historische Bedeutung haben — außerordentlich sorgfältig die logische Struktur und damit das theoretische Fundament herausgearbeitet (bei einer übrigens bewußt saloppen Sprache): Was ist Annahme, was Verallgemeinerung, was Deduktion, wo sind die Grenzen einer bis dahin akzeptierten Theorie? Das hilft den Studenten, nicht nur denken, sondern auch lernen zu lernen, was in Anbetracht der nicht nur in Amerika notorisch schlechten höheren Schule bitter notwendig ist. So steht hinter einem stets wechselnden Feuerwerk physikalischer Erscheinungen eine Ordnung nach Ideen und mathematischen Methoden. Das hat zur Folge, daß die Anordnung des Stoffes einen unsystematischen Eindruck macht — natürlich nur nach außen hin. Gerade diese Eigenschaft hat aber ihren besonderen Reiz. Es ist sozusagen für Abwechslung gesorgt. Das hält das Interesse wach; bei manchen weckt es vielleicht sogar so etwas wie Begeisterung, die sonst nur allzu leicht auf der Strecke bleibt. Ich erwähne ein paar Beispiele für die Methode: Bei der Einführung des Zeitbegriffes in die Mechanik wird gleich über die in der Physik sonst noch vorkommenden typischen Zeiten, von den Zerfallszeiten der „Elementarteilchen“ bis zum Alter des Weltalls gesprochen. Elektrostatische Kräfte