



Doctoral Thesis

Die Temperaturabhängigkeit der elektronischen Polarisierbarkeit von Strontium- und Bariumtitanat

Author(s):

Hofmann, Robert

Publication Date:

1968

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000093390> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 4009

**Die Temperaturabhängigkeit der
elektronischen Polarisierbarkeit von Strontium-
und Bariumtitanat**

ABHANDLUNG

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der Naturwissenschaften

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

ROBERT HOFMANN

dipl. Phys. ETH

geboren am 28. Juli 1934
von Winterthur (Kt. Zürich)

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. H. Gränicher, Referent

Prof. Dr. W. Känzig, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich

1968

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Messung der Temperaturabhängigkeit der optischen Polarisierbarkeit und die Abklärung ihrer Bedeutung für das Temperaturverhalten der statischen DK. Ausserdem interessierte die Frage, ob zwischen dem gemessenen Temperaturverhalten des Brechungsindex und der von Cochran vorausgesagten Temperaturabhängigkeit einer transversal-optischen Gitterschwingung ein Zusammenhang besteht.

Die Ergebnisse lassen sich auf folgende Weise zusammenfassen:

- Das messtechnische Problem wurde mit einer Weiterentwicklung der interferometrischen Methode von Ramachandran gelöst. Aus der numerischen Berechnung der Mehrfachinterferenz am dicken Keil, deren Ergebnis mit der Erfahrung übereinstimmt, folgen einerseits die Bedingungen für optimale Streifenschärfe und andererseits der Nachweis, dass die beobachteten Interferenzstreifen auch im Falle des nichtidealen Keils tatsächlich Linien gleicher optischer Dicke sind.

Durch die photographische Registrierung der Interferenzbilder lässt sich die Auswertung der von einer Aufnahme zur nächsten eintretenden Streifenverschiebung, welche ein Mass für die Aenderung der optischen Dicke darstellt, von der Erzeugung des Interferenzmusters trennen. Dies gestattet die Anwendung eines besonderen numerischen Auswerteverfahrens, in welchem die Verschiebung einer Vielzahl von Streifen geeignet gemittelt wird. Erst dadurch wird es möglich, auch an dünnen Kristallen (BaTiO_3 !) die notwendige Genauigkeit zu erzielen.

- Die experimentellen Resultate (dn/dT) wurden unter Benützung der bei BaTiO_3 ebenfalls mit dem Keilinterferometer gemessenen Dispersion des Brechungsindex auf die Frequenz null extrapoliert.
- Die charakteristische Temperaturabhängigkeit der statischen DK drückt sich im Curie-Weiss-Gesetz aus. Aus dem Experiment folgt, dass ein Beitrag von etwa 36 % an die reziproke Curie-Konstante elektronischen Ursprungs ist.

Er entsteht hauptsächlich durch die ausgeprägte explizite Temperaturabhängigkeit der Elektronenpolarisierbarkeit. Mit Hilfe spannungsoptischer Daten kann nämlich die Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex phänomenologisch in drei Anteile (A , B_{op} , C_{op}) aufgespalten werden, wobei es sich zeigt, dass sich der direkte (A) und indirekte Volumeneffekt (B_{op}) weitgehend kompensieren.

Eine modellmässige Betrachtung der Ionendynamik allein kann deshalb keine befriedigende Theorie der Ferroelektrizität liefern.

- Das Hüllen-Rumpf-Modell gestattet eine anschauliche Verbindung der Gitterdynamik mit bestimmten optischen Eigenschaften in der Extrapolation auf $\lambda \rightarrow \infty$ (adiab. Näherung). Die in Anlehnung an eine Arbeit von Havinga durchgeführten numerischen Berechnungen ergeben Resultate der richtigen Grössenordnung für die Temperatur- und Volumenabhängigkeit der elektronischen Polarisierbarkeit. Die aus dem gleichen Formalismus erhaltenen Untergitterpolarisierbarkeiten weisen auf eine gegenüber dem Pauling-Wert des freien Ions verdoppelte Titanpolarisierbarkeit und auf eine stark anisotrope Sauerstoffpolarisierbarkeit hin. Die Sauerstoffhüllen erscheinen dabei stärker an die Titanhüllen gebunden als an den eigenen Rumpf.
- Der Unterschied im Temperaturverhalten der optischen Polarisierbarkeit von $BaTiO_3$ und $SrTiO_3$ im Bereich von $250^\circ C$ bis $120^\circ C$ lässt sich als innerer elektrooptischer Effekt beschreiben. Durch die bei der Annäherung an die Phasenumwandlung zunehmende Kohärenz der Gitterschwingungen in benachbarten Volumenelementen des Kristalls, erzwungen durch die Dipol-Dipol-Wechselwirkung gegen die ungeordnete thermische Bewegung, entsteht eine periodisch ändernde Polarisation. ($\gamma = \gamma_{T0}$). Diese bewirkt eine Verminderung des Brechungsindex für eine Lichtwelle, deren E-Vektor zur Polarisation parallel ist. Aus der experimentell gefundenen Depression des Brechungsindex von $BaTiO_3$ in der Nähe der Phasenumwandlung und der Konstanten des quadratischen elektrooptischen Effekts am geklemmten Kristall erhält man einen quadratischen Mittelwert der spontanen, hoch-

frequenten Polarisation von sinnvoller Grössenordnung.

- Sollte diese Interpretation richtig sein, was durch weitere Experimente noch untermauert werden muss, so besteht die Möglichkeit zur Berechnung anderer optischer Phänomene in der Nähe der Phasenumwandlung (z.B. kritische Opaleszenz). Durch geeignete Experimente im sichtbaren Bereich müsste sich ein neuer Weg zum Studium der Cochran-Modes in Ferroelektrika ergeben, welcher mit mässigem technischem Aufwand interessante Resultate verspricht.