

Untersuchung der optischen Eigenschaften von dünnen Aufdampfschichten mit Hilfe von Interferenzen im Totalreflektionsbereich¹

Von DIERICK KOSSEL

Aus dem Physikalischen Institut der Technischen Hochschule Danzig

(Z. Naturforschg. 1, 506—508 [1946]; eingegangen am 12. Dezember 1945)

Das Licht einer in der Oberfläche einer planparallelen Platte angebrachten Quelle Q (Abb. 1) — etwa eines stark beleuchteten Punktes in einer streuenden Schicht (photographischer Emulsion) — erzeugt in dieser Schicht durch Reflexion an der Gegenseite der Platte einen scharf abgesetzten Kreis (R_I), an dem die Helligkeit nach außen sprunghaft zunimmt: diese bekannte Erscheinung entspricht der Totalreflexion Glas—Luft. Wird nun auf die Gegenseite eine

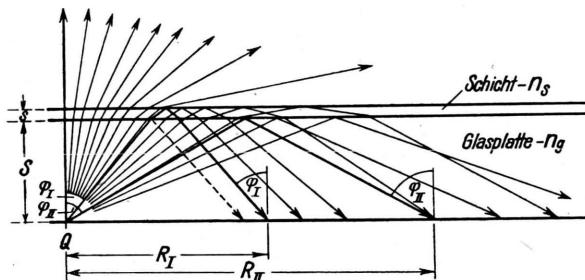


Abb. 1. Zur Entstehung der beiden Totalreflexionskreise an einer mit einem Flüssigkeitsfilm bedeckten Glasplatte. (φ_I , φ_{II} : Grenzwinkel der Totalreflexion an der Grenze Glas—Luft bzw. der Grenze Glas—Schicht.)

dünne Haut aufgebracht, deren Brechungsindex kleiner ist als der des Glases — zunächst etwa eine Flüssigkeitshaut —, so zeigt sich weiter außen ein neuer Intensitätssprung, der der Totalreflexion zwischen Glas und dieser Schicht entspricht. Aus dem Radius (R_{II}) des neuen Grenzkreises lässt sich die Brechzahl n_s der Schicht bestimmen.

An dünnen, interferenzfähigen Aufdampfschichten ist dieser äußere Grenzkreis nicht mehr unmittelbar beobachtbar. Dagegen ist jetzt das Gebiet zwischen den beiden Totalreflexionskreisen mit scharfen Interferenzstreifen der an der Grenze Glas—Schicht reflektierten und der an der Grenze Schicht—Luft totalreflektierten Bündel erfüllt. Das überrascht, weil auf Grund der rechnerischen Überlegungen gewohnter Art an-

genommen wird, daß die Interferenzstreifen an einer planparallelen Schicht verschwinden, sobald das Reflexionsvermögen an einer der beiden Grenzen = 1 wird².

Zur besseren Auflösung der Erscheinung wurden mit einer während des Aufdampfens sich

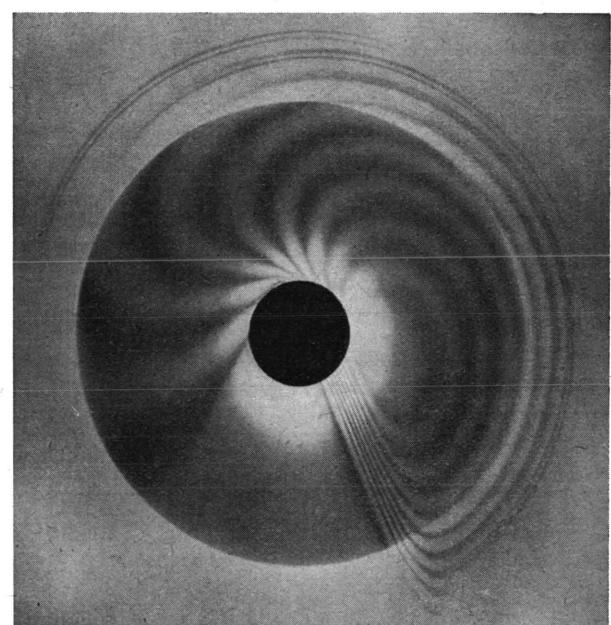


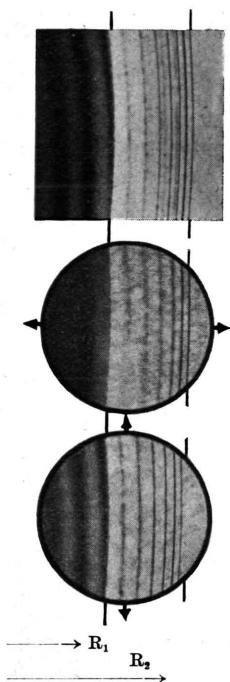
Abb. 2. Interferenzaufnahme an einer LiF-Schicht ($n_s = 1.12$).

öffnenden Sektorblende kreisrunde Schichten hergestellt, deren Dicke um den Umfang stetig zunimmt. Damit wird zugleich der äußere, der Aufdampfschicht entsprechende Totalreflexionskreis als Grenzkreis spiralenartig verlaufender Interferenzstreifen sicherer beobachtbar (Abb. 2), und es lässt sich wieder eine einfache Brechzahl bestimmen durchführen.

¹ Danziger Dissertation.

² Vergl. z. B. Artikel von M. v. Laue im Handbuch der Experimentalphysik, Bd. XVIII, S. 235, Anm.





- a) Beobachtung ohne Analysator: Vollständiges Streifen-
system.
- b) Beobachtung durch Polaroid-
filter.
Durchtritt der Parallelkom-
ponente: Äußeres Streifen-
system.
- c) Beobachtung durch Polaroid-
filter.
Durchtritt der Senkrechtkom-
ponente: Inneres Streifen-
system.

Abb. 3. Ausschnitt aus einer Interferenz-Aufnahme.
Die Ebene der einfallenden und reflektierten Strahlen liegt waage-
recht.

Die zwischen den beiden Totalreflexionskreisen liegenden Interferenzstreifen sind — den Mehrfachreflexionen der sie erzeugenden Bündel entsprechend — schärfer als vor der Totalreflexion (innerhalb R_I). Ihr den gewohnten Aussagen der Theorie widersprechendes Auftreten ist darauf zurückzuführen, daß das an der Grenzfläche Schicht—Luft total reflektierte Licht nicht zu 100% zurückkehrt, sondern beim Durchsetzen der Schicht durch Streuung geschwächt wird. Damit wird das effektive Reflexionsvermögen dieser Grenze kleiner als 1 und es kommt zur Ausbildung des Interferenzsystems. Auch die Einzelzüge des Intensitätsverlaufs entsprechen, wie eine eingehende Betrachtung des Aufbaues der Bündel zeigt, dieser Entstehung.

Die Interferenzstreifen sind im Totalreflexionsbereich häufig in scharfe Linienpaare aufgespalten. Die Komponenten erweisen sich als senkrecht zueinander polarisiert. Es liegt am nächsten, dies als Äußerung der Elliptizität anzusehen, die das reflektierte Licht im Totalreflexionsgebiet auf-

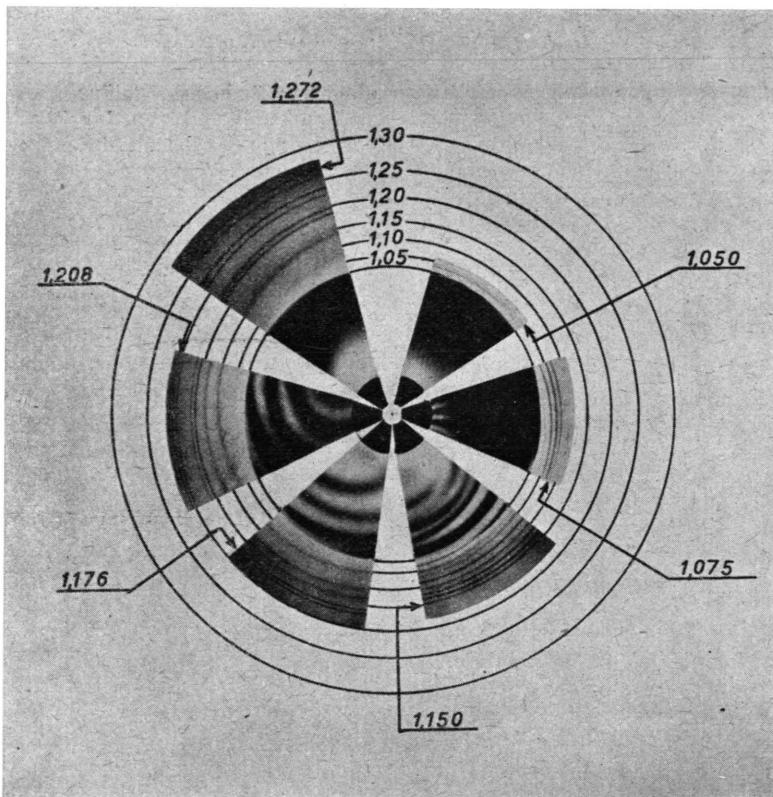


Abb. 4. Ausschnitte aus Interferenzaufnahmen an 6 bei verschiedenem Vakuum aufgedampften Kryolithschichten.

weist. Der Lagenunterschied der Minima für die beiden Polarisationsrichtungen würde dann daher röhren, daß die bei der Reflexion auftretenden Phasensprünge im Totalreflexionsgebiet für die beiden Schwingungskomponenten verschieden groß sind. Um dies zu sichern, stellte sich als lohnend heraus, einmal den gesamten Verlauf der Phasensprünge von genkrechter bis zu streifender Inzidenz in einem Schaubild zusammenzufassen. (Man erkennt an dieser Darstellung, die gesondert mitgeteilt werden soll, zugleich die Quelle der Widersprüche, die sich über eine so bekannte Erscheinung sogar zwischen verschiedenen klassischen Darstellungen der Optik finden.) Für die vorliegende Erscheinung zeigt sich, daß die Parallelkomponente jeweils das innere, die senkrechte das äußere Glied des Paars bil-

den sollte. Die Beobachtung zeigt die entgegengesetzte Lage (Abb. 3). Da auch die Absolutwerte der Aufspaltung um ein Mehrfaches größer sind, als der Elliptizität entspräche, ist zu schließen, daß Aufdampfschichten — auch aus Natur aus nicht doppelbrechendem Material — häufig doppelbrechend sind.

Zur Erläuterung der Brechzahlbestimmung dient u. a. eine Aufnahmereihe an Kryolith ($n = 1,364$) (Abb. 4), die je nach dem Druck des beim Aufdampfen anwesenden Fremdgases Brechzahlen der Schicht von 1,05 an aufwärts ergibt. Die Dichte der beim höchsten Fremddruck entstehenden Schichten ist demnach nur ein Zehntel der des kompakten Materials. Der lose Aufbau gibt die Möglichkeit von Ordnungsdoppelbrechung und Streuwirkungen.

Beobachtungen über Thalliumdiffusion in kristallinem hexagonalem Selen¹

Von B. GUDDEN (†) und KURT LEHOVEC

(Z. Naturforschg. 1, 508—511 [1946]; eingegangen am 29. Juni 1946)

In der Nähe des Selen-Schmelzpunktes diffundiert Thallium in kristallinem hexagonalem Selen mit beträchtlicher Geschwindigkeit. Es wandern Thallium-Ionen. Die Diffusion kann spektroskopisch, bequemer jedoch durch die Beeinflussung der Selen-Leitfähigkeit verfolgt werden. Bisher wurden keine anderen Metalle mit ähnlichem Verhalten gefunden.

1.

Gegenlich anderer Untersuchungen wurde ein Diffusionsvorgang beobachtet, der in mancher Hinsicht mit der von R. W. Pohl² und Mitarbeitern untersuchten Diffusion in Alkali-halogeniden übereinstimmt, im übrigen aber doch ein bisher unbekannter Typ zu sein scheint. Wir berichten über unsere bisherigen Erfahrungen und hoffen zu gegebener Zeit die Vorgänge genauer erklären zu können.

Untersuchungsgegenstand sind zylindrische Stäbchen von einigen cm Länge und 6 mm Drchm. aus kristallinem hexagonalem Selen. Die Stäbchen sind aus amorphem Selen (Selen reinst in Perlen von Schering-Kahlbaum) durch mehrstündige Erwärmung auf 216° C (zur Vermei-

dung von Hohlraumbildung unter Druck) entstanden. Die „Leitfähigkeit“³ solcher Selenproben liegt bei $5 \cdot 10^{-4}$ Ohm⁻¹ cm⁻¹. Wird auf eine Stirnseite einer derartigen Probe Thallium aufgedampft und diese anschließend einige Zeit auf höherer Temperatur gehalten, so wandert Thallium ein.

Die Einwanderung lässt sich spektroskopisch verfolgen. Zu diesem Zwecke wurden die einseitig mit Thallium bedampften Probestäbchen verschiedene Zeit lang bei 216° C im Vakuum gehalten (Vakuum, um Oxydation des Thalliums zu vermeiden). Sodann wurden in verschiedenen Abständen von der mit Thallium bedampften Stirnfläche Selenproben entnommen und ihr Thalliumgehalt spektroskopisch quantitativ bestimmt.

¹ Die Arbeit ist im Institut für experimentelle Physik der Universität Prag entstanden und wurde im Jahr 1944 R. W. Pohl zum 60. Geburtstag überreicht.
² Physik. Z. 39, 36 [1938].

³ Die Angabe einer „Leitfähigkeit“ am Selen ist eine mißliche Angelegenheit, da der Widerstand vielfach von Spannung, Stromdauer und vor allem der Frequenz des elektrischen Feldes abhängt. Die Zahlen sollen daher nur als Anhalt dienen.