

Abb. 2. Elektrischer Widerstand eines Tellureinkristalls mit  $p=1,45 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  als Funktion eines Magnetfeldes bei  $4,2^\circ \text{K}$ ; oberer Teil:  $H \parallel c$ ; unterer Teil:  $H \perp c$ .

suchte FERMI-Fläche kein Ellipsoid ist. Bei Messungen mit  $H \parallel c$  an schwächer dotierten Kristallen trat vermutlich wegen mangelnden Auflösungsvermögens keine „Interferenz“ zutage. Die Perioden aller gemessenen

Kristalle folgen sowohl für  $H \parallel c$  als auch für  $H \perp c$  einer Beziehung:  $\Delta(1/H) \sim p^{-2/3}$ . Die Meßunsicherheit ist jedoch so groß (vor allem bei den Kristallen mit  $p < 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , wenn nur wenige Oszillationen beobachtbar sind), daß man daraus nicht auf das Vorhandensein eines parabolischen Bandes schließen darf. Für das Verhältnis der Extremalquerschnitte

$$A(H \perp c)/A(H \parallel c)$$

ergibt sich ein Mittelwert von 2,2 mit einer geschätzten Unsicherheit von rund 10%. Unsere Messungen sind also mit früher vorgeschlagenen Ellipsoidmodellen für die Energieflächen des Tellurs nicht verträglich. Ob hierbei die starke Dotierung unserer Proben eine Rolle spielt, kann noch nicht beurteilt werden. Es ist jedoch interessant zu bemerken, daß neuere magnetooptische Untersuchungen<sup>7</sup> darauf hindeuten, daß die Flächen konstanter Energie beim Tellur deformiert sind.

Gegenwärtig sind wir bemüht, aus der Temperaturabhängigkeit der Dämpfung der Oszillationen den Absolutwert der Zyklotronmasse zu messen. Auch die Anisotropiemessungen werden fortgesetzt.

Dem Philips-Zentrallaboratorium in Aachen, vor allem Herrn Dr. J. BURMEISTER, danken wir sehr für die Überlassung der Kristalle und die Erfüllung unserer speziellen Wünsche. — Herrn Prof. KERSTEN gebührt unser Dank für sein förderndes Interesse an dieser Arbeit, Herrn H. J. ENGELMANN für die Probenpräparation.

<sup>7</sup> C. RIGAU, private Mitteilung.

## Epitaktisches Wachstum von Gold auf im Ultrahochvakuum hergestellten KCl-, KJ- und KBr-Spaltflächen

R. W. ADAM

Institut für Angewandte Physik der Universität Hamburg  
(Z. Naturforsch. 21 a, 497—499 [1966]; eingegangen am 17. März 1966)

In der vorliegenden Arbeit wird die Orientierung von Gold-aufdampfschichten auf im Ultrahochvakuum gespaltenen Alkalihalogenidkristallen untersucht. Bei den Trägerkristallen KCl, KBr und KJ erhält man bei genügend hoher Unterlagentemperatur epitaktisch aufgewachsene Goldfolien. An Hand der Kombination Gold/Steinsalz wird der Einfluß von Wasserdampf-Adsorptionsschichten auf die Orientierung der Aufdampfschicht nachgewiesen.

Bei Bedampfung von Alkalihalogenidspaltflächen im Hochvakuum beobachtet man bei hinreichend hoher Unterlagentemperatur Epitaxie von beispielsweise Gold auf NaCl, KCl, KBr und KJ<sup>1</sup>. Neuere Untersuchungen ergaben, daß offenbar an der Spaltfläche des Wirtskristalls adsorbiertes Wasser für die orientierte Verwachsung von Bedeutung ist<sup>2,3</sup>. Untersuchungen von

<sup>1</sup> H. GÖTTSCHE, Z. Naturforsch. 11 a, 55 [1956], dort weitere Literatur.

<sup>2</sup> M. HARS DORFF, Solid State Commun. 2, 133 [1964].

<sup>3</sup> M. HARS DORFF, Fortschr. Mineral. 42, 2, 250 [1966].

INO, WATANABE und OGAWA<sup>4</sup> sowie MATTHEWS und GRÜNBAUM<sup>5</sup> zeigten, daß im Ultrahochvakuum für die Kombination Au/NaCl unter normalen Aufdampfbedingungen keine Epitaxie gefunden wird. Dieses Ergebnis konnte durch eigene Untersuchungen bestätigt werden (vgl. Abb. 1, obere Zeile).

Es war daher von Interesse zu versuchen, durch Änderung der Unterlage auch im Ultrahochvakuum Epitaxie zu erreichen. GÖTTSCHE hat gezeigt, daß bei Experimenten im Hochvakuum die Orientierungstemperatur mit wachsender Polarisierbarkeit der Spaltflächen abnimmt<sup>1</sup>. Wenn diese Deutung allgemein auch bei adsorptionsschichtfreien Spaltflächen gilt, müßte man bei Verwendung einer Unterlage mit höherer Polarisierbarkeit der Spaltflächenorientierung als beim NaCl auch im Ultrahochvakuum Epitaxie erhalten, allerdings bei gegenüber den Hochvakuum-Experimenten geänderten Temperaturen.

Abb. 1 zeigt das Orientierungsverhalten von Gold auf NaCl-, KCl-, KBr- und KJ-Kristallen, die im Ultrahochvakuum gespalten wurden. Zum Vergleich sind die Orientierungstemperaturen bei Bedampfung von im Hochvakuum gespaltenen Kristallen angegeben. Man

<sup>4</sup> S. INO, D. WATANABE u. S. OGAWA, J. Phys. Soc. Japan 19, 881 [1964].

<sup>5</sup> J. W. MATTHEWS u. E. GRÜNBAUM, Appl. Phys. Letters 5, 106 [1964].



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

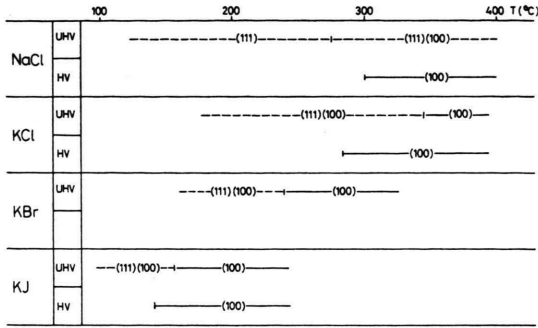


Abb. 1. Orientierungsverhalten von Gold auf NaCl, KCl, KBr und KJ im Ultrahochvakuum (UHV) und im Hochvakuum (HV).  
 --- (111) (100) ---: Mischorientierung mit Reflexen und DEBYE-SCHERRER-Ringen.  
 — (100) —: (100)-Orientierung mit Einkristallreflexen.

ersieht daraus die Tendenz, daß die Epitaxietemperaturen, verglichen mit den im Hochvakuum ermittelten Werten, zu höheren Unterlagentemperaturen verschoben sind. Bei der Kombination Au/NaCl kann die für die (100)-Orientierung im Ultrahochvakuum nötige Temperatur nicht mehr erreicht werden (siehe oben), da NaCl bereits ab 450 °C merklich zu verdampfen beginnt (vgl. auch <sup>6</sup>). Bei Verwendung von KCl als Unterlage ist die (100)-Orientierung der Goldschicht bei höchstzulässiger Temperatur der Unterlage gerade noch zu beobachten. Bei KBr und KJ tritt, wie wegen größerer Polarisierbarkeit der Spaltflächenionen zu erwarten war, die Epitaxie bei wesentlich niedrigerer Unterlagentemperatur ein, und zwar beim KBr ab 240 °C, beim KJ bereits ab 155 °C.

Um den Einfluß des Wasserdampfes nochmals zweifelsfrei unter den sauberen Bedingungen des Ultrahochvakuums nachzuweisen, wurden die beiden folgenden Versuche durchgeführt.

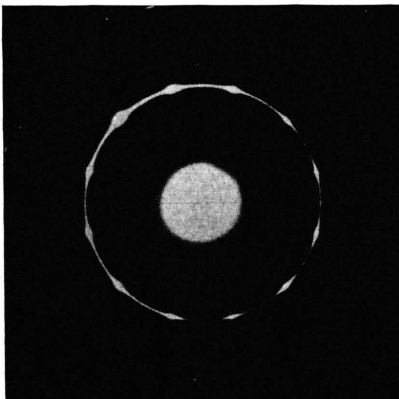


Abb. 2 a. Beugungsbild einer Goldfolie, die im Ultrahochvakuum auf eine 361 °C heiße Steinsalzspaltfläche gedampft wurde.

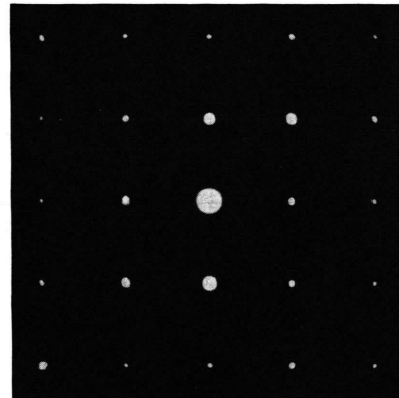


Abb. 2 b. Beugungsbild einer Goldfolie, die bei  $6 \cdot 10^{-5}$  Torr Wasserdampf auf eine 361 °C heiße Steinsalzspaltfläche gedampft wurde.

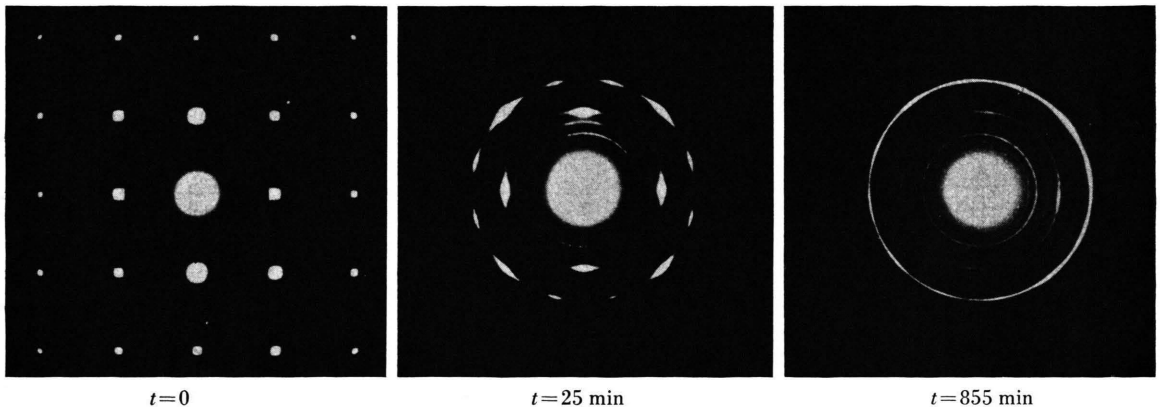


Abb. 3. Orientierung von Gold auf 403 °C heißen Steinsalzspaltflächen, die kurzzeitig einer Wasserdampfatmosphäre von  $6 \cdot 10^{-5}$  Torr ausgesetzt waren.  $t$ =Zeit zwischen dem Spalten des Kristalls im Wasserdampf und dem Bedampfen im Ultrahochvakuum.

<sup>6</sup> H. RAETHER, *Optik* 1, 296 [1946].

1. In der Ultrahochvakuumapparatur wurden NaCl-Spaltflächen erzeugt, einer Wasserdampfatosphäre (Partialdruck  $6 \cdot 10^{-5}$  Torr) ausgesetzt und mit Gold bedampft. Die Kontrolle mit einem Restgasanalysator (Omegatron) ergab dabei, daß der Partialdruck des Wasserdampfs mehr als zwei Zehnerpotenzen über dem anderer Restgaskomponenten lag. Im Gegensatz zu Spaltflächen, die bei der gleichen Temperatur im Ultrahochvakuum erzeugt und bedampft wurden (Abb. 2 a, vgl. auch Abb. 1, obere Zeile), wuchs unter diesen Bedingungen Gold (100) orientiert auf den Spaltflächen auf (vgl. Abb. 2 b).

2. Aus im Hochvakuum durchgeführten Orientierungsversuchen ging hervor, daß Wasser an NaCl stark gebunden sein muß (<sup>2, 3</sup>, vgl. auch <sup>7</sup>). Es ist daher zu erwarten, daß auf Spaltflächen adsorbierte Wasserschichten, die dem Ultrahochvakuum ausgesetzt werden,

<sup>7</sup> R. W. ADAM u. M. HARSORFF, Z. Naturforschg. **20 a**, 3, 489 [1965].

sehr langsam abdampfen. Zum Nachweis dieses Abdampfprozesses wurden frische Spaltflächen kurzzeitig Wasserdampf von  $6 \cdot 10^{-5}$  Torr ausgesetzt. Dann wurde der Rezipient mit dem Kristall in wenigen Minuten auf einen Druck von  $p < 3 \cdot 10^{-8}$  Torr abgepumpt, bei dem ohne vorherige Begasung der Spaltflächen keine Epitaxie auftritt. Nach verschiedenen Wartezeiten wurde Gold aufgedampft. Der Bildserie (Abb. 3) entnimmt man die langsame Desorption des Wassers, erkennbar an dem wachsenden Ringanteil und der verschwindenden (100)-Orientierung mit zunehmender Wartezeit zwischen Begasen und Bedampfen. Nach hinreichend langer Wartezeit ergibt sich wieder eine Orientierung der Aufdampfschicht, wie sie auch bei Spaltung und Bedampfung im Ultrahochvakuum erhalten wird.

Herrn Prof. Dr. H. RAETHER und Herrn Dipl.-Phys. M. HARSORFF danke ich herzlich für viele anregende Diskussionen, der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Unterstützung durch Überlassung verschiedener Geräte.

## Geometrisch geordnete Gasdiffusions-Elektroden als Wasserstoff-Anoden

E. JUSTI und H. KLEINSCHMAGER

Institut für Technische Physik der Technischen Hochschule Braunschweig

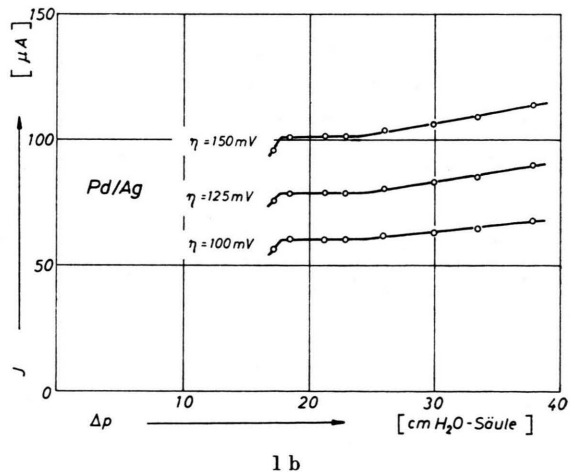
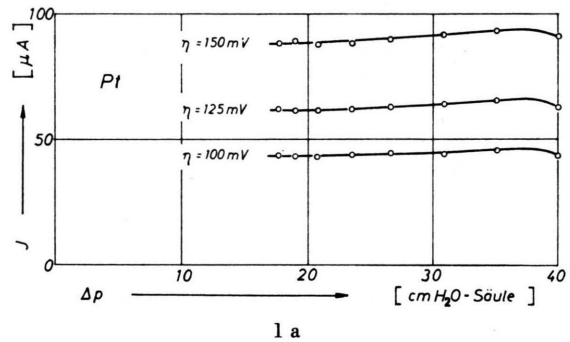
(Z. Naturforschg. **21 a**, 499—501 [1966]; eingegangen am 11. März 1966)

Vor kurzem haben wir<sup>1</sup> über Messungen an katalytisch aktiven Edelmetallfolien berichtet, die, versehen mit einigen Tausend geometrisch auf  $\pm 1 \mu\text{m}$  übereinstimmenden Bohrkanälen, als Modelle für geometrisch geordnete Gasdiffusions-Kathoden dienten. Elektrolyt war 6 n KOH; durch Variation des  $\text{O}_2$ -Reaktionsgasdruckes konnten die Länge der sich in den konischen Poren-Teilen ausbildenden Dreiphasengrenze und die Größe der benachbarten mit Menisken bedeckten bzw. mit dünnem Flüssigkeitsfilm benetzten Wandfläche kontinuierlich geändert werden. Aus der Druckabhängigkeit des bei konstant gehaltener Polarisation fließenden Elektrodenstromes ließen sich somit Hinweise darauf gewinnen, welcher Bereich der Porenwandung maßgeblich am die Reaktionsgeschwindigkeit bestimmenden Teilschritt des stromerzeugenden Gesamtprozesses partizipiert.

Nachfolgend sollen Ergebnisse mitgeteilt werden, die wir bei der Verwendung unserer Modellelektroden als  $\text{H}_2$ -Anoden anstatt  $\text{O}_2$ -Kathoden erhielten. Wegen Einzelheiten der Versuchsanordnung sei auf unseren vorhergehenden Bericht<sup>1</sup> verwiesen; außer den dort beschriebenen Pt- und Pd/Ag-Elektroden wurde eine Au/Pt-Folie von  $320 \mu\text{m}$  Dicke mit 4500 bis 4750 elektrochemisch nutzbaren Poren untersucht. Bei den Messungen war ein am Rande gelegener Teil der 6000 vorhandenen Bohrungen bei der gasdichten Einspannung

durch die Gummidichtung abgedeckt; eine visuelle Auszählung ergab den oben mitgeteilten Zahlenwert, der mit dem Andruck der Dichtung geringfügig schwankte.

Abb. 1 a bis 1 c zeigt die bei konstant gehaltenen Polarisationen von  $\eta = 100, 125, 150 \text{ mV}$  fließenden



<sup>1</sup> E. JUSTI u. H. KLEINSCHMAGER, Z. Naturforschg. **20 a**, 1725 [1965]; Jahrb. Akad. Wiss. Lit. Mainz **1963**, 110.