

Epitaxie von Tellur auf Alkalihalogeniden

WERNER SCHÜZ und EGON DICK

Mitteilung aus dem Physikalischen Laboratorium Mosbach *

(Z. Naturforsch. 25 a, 456 [1970]; eingegangen am 27. Februar 1970)

In Fortsetzung unserer Untersuchungen an dünnen Schichten^{1,2} und zur Epitaxie^{3,4} wurde Tellur auf hochvakuumgespaltene Würfelflächen von NaCl (synth. und nat.), KCl und KBr (synth.) (alle NaCl-Typus) aufgedampft. Dabei wurde das Prinzip der gleichzeitigen Bedampfung verschiedener Substrate⁵ weiterentwickelt. Unterschiedliche Epitaxieergebnisse innerhalb ein und desselben Aufdampfversuches können dann mit Sicherheit auf den spezifischen Einfluß der Unterlage zurückgeführt werden. Für Epitaxieversuche bei höheren Temperaturen konnte der Probenhalter aufgeheizt werden. — Vom Augenblick des Spaltens bis zum Bedampfungsbeginn verging rund 1 Min., die Aufdampfgeschwindigkeit lag in der Größenordnung einiger 100 Å/s.

Die auf KCl und KBr aufgewachsenen Tellurschichten zeigen eine recht deutliche Vorzugsorientierung. Im Beugungsbild der Tellurschicht von einer KBr-Unterlage (Abb. 1) sind zwar noch schwach ausgeprägte Ringe vorhanden, doch ist diesen Ringen ein gut ausgebildetes Punktdiagramm überlagert. Bei einer Unterlagentemperatur von 100 °C ist die Epitaxie noch besser ausgebildet als bei 25 °C, die Unterschiede der Epitaxiequalität sind aber relativ klein. Entscheidend ist der Einfluß der Unterlagentemperatur auf das Erscheinungsbild der Schichten: während sie bei 25 °C schuppenförmig ausgebildet sind (Abb. 2), erscheinen sie bei 100 °C als Ansammlungen kleiner, länglicher Kristallite mit teilweise schwalbenschwanzförmigen Enden (Abb. 3). Sie liegen meist parallel zu den Würfelflächen der Unterlage oder bilden einen Winkel von 45° dazu. Durch Aufheizen im Elektronenstrahl des Elektronenmikroskops lassen sich die Tellurschichten wieder verdampfen. Auf diese Weise ergab sich, daß die Kriställchen Einzelindividuen sind, die nicht miteinander in Verbindung stehen.

Im Gegensatz hierzu zeigen die auf NaCl-Würfelflächen aufgewachsenen Tellurschichten nur eine sehr schwach ausgeprägte Vorzugsorientierung. Die Beugungsdiagramme sind Ringe mit schwach sichelförmigen Verstärkungen (Abb. 4). Das Erscheinungsbild der Schichten hängt in derselben Weise von der Temperatur ab wie bei KCl und KBr: bei 25 °C entstehen solche mit schuppenförmiger Struktur, bei 100 °C besteht die Schicht aus einzelnen, voneinander isolierten Kristalliten, die jedoch ziemlich regellos orientiert sind.

Die Analyse der Beugungsbilder ergab für die drei Alkalihalogenide (im folgenden mit AH abgekürzt) folgende Epitaxiegesetzmäßigkeiten:

$$\text{Te-(100)}^{**} \parallel \text{AH-(100)}$$

$$\text{Te-}\langle 001 \rangle \parallel \text{AH-}\langle 100 \rangle \text{ und } \langle 110 \rangle,$$

ferner seltener:

$$\text{Te-(110)} \parallel \text{AH-(100)}$$

$$\text{Te-}\langle 001 \rangle \parallel \text{AH-}\langle 100 \rangle \text{ und } \langle 110 \rangle.$$

Beim Vergleich der Gitterparameter von Tellur und der AH ergibt sich nur in einzelnen Fällen für KCl und KBr Übereinstimmung. Im ganzen ist die beobachtete Epitaxie nicht durch Gitteranalogien erklärbar. Insbesondere ist die ursprünglich erwartete Epitaxie der pseudokubischen (111)-Fläche von Tellur auf der Würfelfläche (100) der AH, die bei KBr eine recht gute Gitter-Übereinstimmung ergeben hätte, bei unseren Versuchen überhaupt nicht beobachtet worden.

Der Unterschied im Aussehen der Tellurschichten bei 25 °C bzw. 100 °C könnte darauf zurückzuführen sein, daß die Beweglichkeit der Telluratome auf den AH-Unterlagen bei der gegebenen Tiefe der Potentialmulden der Substratoberflächen unterschiedlich ist (vgl. z. B. Goldepitaxie von MÜLLER⁶). Die geringe Oberflächenbeweglichkeit bei 25 °C würde dazu führen, daß die Telluratome zu einem der am nächsten gelegenen der zahlreichen Kondensationskeime wandern; dagegen könnten im Falle der höheren Beweglichkeit bei 100 °C auch noch Gruppen, die bei 25 °C schon einen festen Platz auf der Unterlage hätten und so als Keim wirken würden, auf der Oberfläche entlang diffundieren, bis sie sich an einem der selteneren, auch bei dieser Temperatur existierenden Keime anlagerten. Der geringe Unterschied der Schichten in bezug auf die Qualität der Epitaxie deutet darauf hin, daß die Oberflächenbeweglichkeit im Falle KCl und KBr auch bei 25 °C noch dazu ausreicht, daß sich die Telluratome an den orientierten Kondensationskeimen anlagern können.

Die Einzelkondensate, seien sie nun schuppen- oder stäbchenförmig, ordnen sich offenbar bevorzugt entlang von Spaltstufen auf der Oberfläche des Wirtskristalles an (Abb. 5, siehe auch Abb. 2), so daß man in einem gewissen Grade von einem Dekorationseffekt sprechen kann. Jedoch ist auch an diesen Stellen kein verstärkter Einfluß der Unterlage auf die Orientierung der Kristallite festzustellen.

Die isotype Kristallreihe soll noch auf weitere Substanzen hin untersucht werden.

Wir danken der Fa. Leitz, Wetzlar, für die Überlassung des synthetischen Einkristallmaterials. Die Arbeit wurde in dankenswerter Weise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt.

Sonderdruckanforderungen an Dipl.-Phys. EGON DICK, Physikalisches Laboratorium Mosbach, D-6950 Mosbach/Baden, Pfalzgraf-Otto-Straße 24.

* In Verbindung mit der Universität Karlsruhe (V 136/70).

¹ E. BRÜCHE u. W. SCHÜZ, Z. Phys. 199, 135 [1967].

² W. SCHÜZ, Phys. Stat. Sol. 25, 253 [1967].

³ H. SCHLÖTTERER, Phys. Stat. Sol. 11, 219 [1965].

⁴ H. SCHLÖTTERER, Z. Naturforsch. 20 a, 1201 [1965].

⁵ W. SCHÜZ, Phys. Stat. Sol. (im Druck).

** Der 3. Bravais'sche Index $i = -(h+k)$ der hexagonalen Indizierung wird im folgenden weggelassen.

⁶ K. MÜLLER, Z. Naturforsch. 21 a, 1726 [1966].

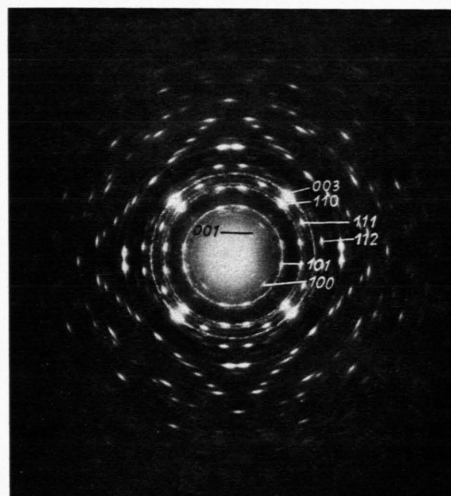


Abb. 1.

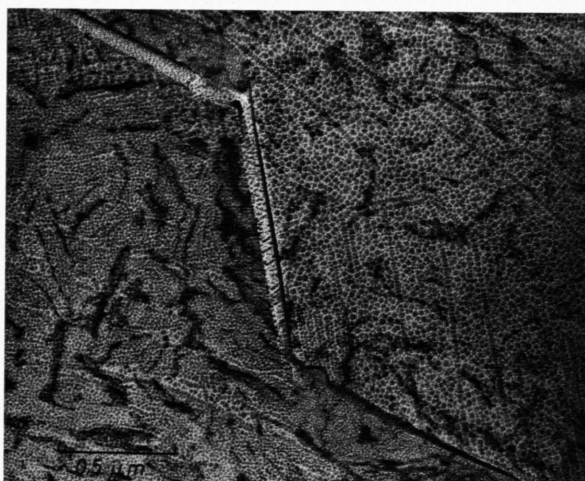


Abb. 2.

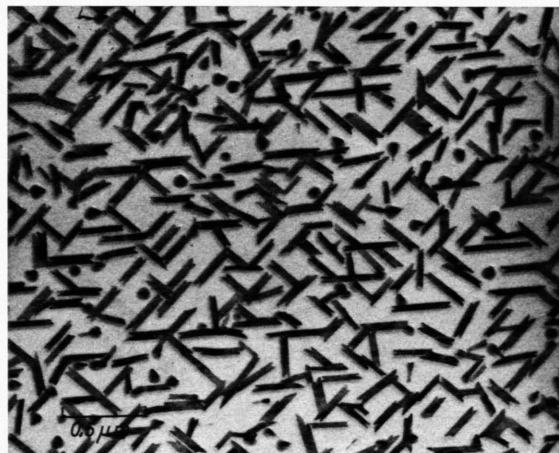


Abb. 3.

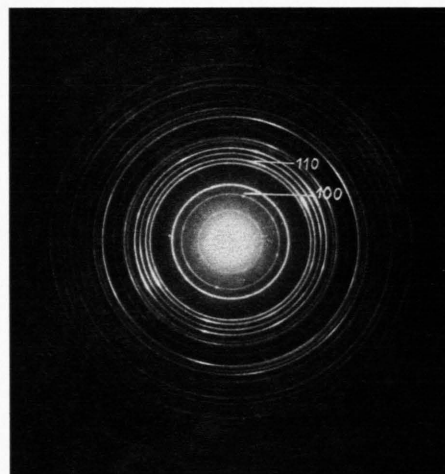


Abb. 4.

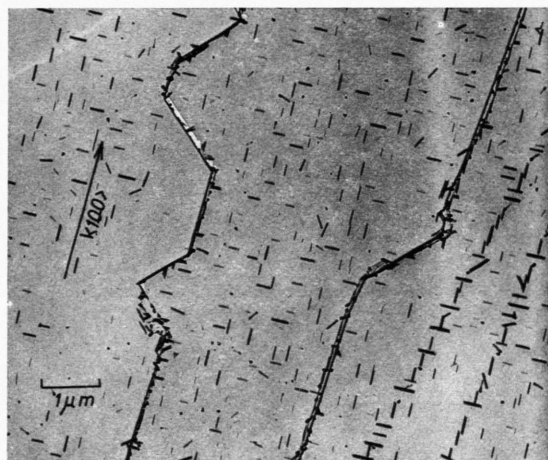


Abb. 5.

Abb. 1. Te auf KBr bei 25 °C Unterlagentemperatur. Feinbereichsbeugung bei 60 kV. Die Auflagefläche der Te-Kristallite ist hier sowohl (100) als auch (110). Die Epitaxie ist noch nicht so gut wie bei 100 °C Unterlagentemperatur.

Abb. 2. Te auf KBr bei 25 °C Unterlagentemperatur. Bildung von Schuppen als einzelnen Kondensationspartikeln. Das zugehörige Beugungsbild zeigt gute Gleichorientierung durch die Unterlage. Markierung der KBr-Spaltstufen.

Abb. 3. Te auf KBr bei 100 °C Unterlagentemperatur. Die Kristallite mit ihren schwalbenschwanzförmigen Einkerbungen sind deutlich nach der Würfelkante $\langle 100 \rangle$ und der Diagonalen $\langle 110 \rangle$ des KBr orientiert. Dieser morphologische Nachweis der Epitaxie wird durch die Beugung bestätigt.

Abb. 4. Te auf natürliches Steinsalz bei 100 °C Unterlagentemperatur. Linsenlose Beugung bei 80 kV. Die dominierenden Ringe zeigen die schlechte Epitaxie des NaCl. Die schwachen Reflexverstärkungen lassen dennoch einen gewissen Orientierungseffekt deutlich erkennen. Die Auflageflächen des Te sind (100) und (110). Die Achtzähligkeit der Reflexverstärkungen zeigt, daß die Würfelkantenrichtung $\langle 100 \rangle$ und die Diagonale $\langle 110 \rangle$ zum Orientierungseffekt beiträgt.

Abb. 5. Te auf KBr bei 100 °C Unterlagentemperatur. Die Ausrichtung der Te-Stäbchen parallel zur Würfelkante $\langle 100 \rangle$ des KBr scheint hier stärker ausgeprägt. Auffallend der Dekorationseffekt an den Stufen.