

The measured spectra of the fluctuations in their linear region of a positive column can be satisfactorily described by the above calculations. The only necessary assumption is that the fluctuations originate from some localised source with a broad frequency spectrum. The main task of future work

would be an adequate description of the transition and saturated region. It is obvious that in these regions nonlinear effects play a significant role. Some experimental investigations of nonlinear striations have already given interesting results<sup>6, 9</sup>.

- <sup>1</sup> A. V. NEDOSPASOV, Usp. Fiz. Nauk **94**, 339 [1968].
- <sup>2</sup> L. PEKÁREK, Usp. Fiz. Nauk **94**, 463 [1968].
- <sup>3</sup> S. W. RAYMENT and N. D. TWIDDY, Proc. IX-th Int. Conf. Phen. Ion. Gas., Bucuresti 1969, p. 455.
- <sup>4</sup> I. GRABEC and S. POBERAJ, Z. Naturforsch. **25 a**, 297 [1970].
- <sup>5</sup> I. GRABEC, X-th Int. Conf. Phen. Ion. Gas., Oxford 1971, pp. 284, 289.
- <sup>6</sup> S. POBERAJ and I. GRABEC, Fizika **2**, Suppl. **1**, 117 [1970].
- <sup>7</sup> I. GRABEC, Ph. D. Thesis, University of Ljubljana 1970.
- <sup>8</sup> L. PEKÁREK, V. KREIČÍ, I. GRABEC, and V. PERINA, Proc. IX-th Int. Conf. Phen. Ion. Gas., Bucuresti 1969, p. 460.
- <sup>9</sup> I. GRABEC and S. POBERAJ, Plasma Physics **11**, 519 [1969].
- <sup>10</sup> B. LEHNERT, Proc. 2-nd U.N. Int. Conf. Peaceful Uses. At. En. U.N. Geneva 1958, Vol. **32**, p. 349.
- <sup>11</sup> B. B. KADOMTSEV and A. V. NEDOSPASOV, J. Nucl. En., part C, **1**, 230 [1960].
- <sup>12</sup> R. J. BRIGGS, Electron Stream Interaction with Plasmas, MIT, Cambridge, Massachusetts, 1964.
- <sup>13</sup> Y. W. LEE, Statistical Theory of Communications, J. Wiley & Sons, New York 1961, p. 333.
- <sup>14</sup> A. GARSADDEN, P. BLETZINGER, and T. C. SIMONEN, Phys. Fluids **12**, 1833 [1969].

## Epitaxie von dünnen Tellurschichten auf Alkalihalogeniden bei 100 °C

EGON DICK und WERNER SCHÜZ, Mosbach (Baden) \*

(Z. Naturforsch. **27 a**, 789—793 [1972]; eingegangen am 24. Dezember 1971)

*Epitaxy of Thin Layers of Tellurium on Alkalihalogenides at 100 °C*

Te was evaporated in high vacuum ( $10^{-5}$  Torr) on simultaneously cleaved alkali halides with rock salt structure. Research on the Te-films was done by transmission electron microscopy. We observed characteristic differences in epitaxy quality of the different substances: e. g. NaCl and LiBr showed bad, RbJ and KJ showed exceptionally good epitaxy (exclusively point diffraction patterns). Reproduced experiments showed the same results as simultaneous evaporation. The expected systematic relation to analogous  $d$ -values was however insignificant. It seems to be an "indirect epitaxy" caused by intermediate layers of different structures.

### 1. Bedingungen für das Auftreten der Epitaxie

Über die Bedingungen für die Epitaxie besteht bis heute noch keine einheitliche Vorstellung. Die Forderung nach einer zweidimensionalen Struktur-analogie<sup>1, 2</sup> ist keine notwendige Bedingung: Auch Abweichungen der beiden Gitter um über 14% (Grenze nach<sup>3, 4</sup>) verhindern Epitaxie nicht. Bei Erwärmung der Unterlage auf „Epitaxietemperatur“<sup>5</sup> ist sogar Epitaxie von Ag-(100) auf NaCl-(100) zu beobachten, obwohl hier die Gitterabweichungen schon 26% betragen. Je nach Versuchsbedingungen schwankt die Epitaxietemperatur jedoch erheblich. Die naheliegende Vermutung, daß Gasbeladung oder Verschmutzung der Oberfläche des Wirtskristalles verantwortlich sei, führte zu Aufdampfversuchen im Ultrahochvakuum<sup>6, 7</sup>; Die Epi-

taxie verschlechterte sich jedoch. Die Gasart im Spalt- und Aufdampfmilieu spielt offensichtlich eine wichtige Rolle<sup>7, 8</sup>: Wasserdampf fördert in bestimmten Mengen (kritische Bedeckung der Substratflächen) die Epitaxie. Möglicherweise werden durch eine geeignete Adsorptionsschicht Potentialmulden ausgebügelt, wodurch die Oberflächenbeweglichkeit der Ag-Atome erhöht wird. Es ist aber ebensogut möglich, daß die Wasserdampfmoleküle in die Substratoberfläche eingebaut werden und eine hydratartige Zwischenschicht bilden, die in ihren Gitterabmessungen besser zu den Gitterabmessungen der Aufdampfsubstanz paßt<sup>9</sup>.

### 2. Aufgabe und Versuchsmethode

Trotz einer Vielzahl von Untersuchungen und Deutungsbemühungen ist nur sichergestellt, daß das Epitaxieproblem sehr komplex ist. Es schien uns da-

\* Aus dem Physikalischen Laboratorium Mosbach, in Verbindung mit der Universität (TH) Karlsruhe (V 148/71).



her zweckmäßig, auf einfachere Epitaxiefälle zurückzugehen und bei den Versuchen von allen möglichen nur einen einzigen Parameter zu verändern. Da die Gitterkonstante des Wirtskristalles einer der wichtigsten in Frage kommenden Parameter ist, schien uns als Substrate die isotype Kristallreihe der Alkali-Halogenide (im folgenden mit AH abgekürzt) vom NaCl-Typ besonders geeignet. Aus dieser Reihe untersuchten wir: LiCl, LiBr, NaCl, NaBr, NaJ, KCl, KBr, KJ, RbCl, RbBr, RbJ. Als aufzudampfende Substanz wählten wir Tellur, das ein verzerrtes kubisch primitives Gitter besitzt. Die Kantenlänge der pseudokubischen Zelle beträgt etwa 6,6 Å. Wir erwarten daher orientiertes Aufwachsen der pseudokubischen (101)-Rhomboidfläche\*\* des Te auf der Würfeloberfläche solcher Substrate, deren Gitterkonstante bei  $a_0 = 6,6$  Å liegt. — Über ein Teilergebnis dieser Versuche wurde bereits früher berichtet<sup>10</sup>.

Um die Versuchsbedingungen möglichst konstant zu halten, wurde eine Apparatur gebaut, die es gestattete, sieben Kristalle gleichzeitig im mit Phosphorpentoxid getrockneten Hochvakuum ( $10^{-5}$  Torr) aufzuheizen, zu spalten und zu bedampfen. Um Bildung von Fremdschichten zu erschweren, wurde die Spaltung der auf 100 °C aufgeheizten Kristalle frühestens 1/2 Minute vor Bedampfungsbeginn durchgeführt. Bei späteren Versuchen wurden die Kristalle im Dampfstrahl gespalten, so daß die Kondensation unverzüglich nach Entstehung der Substratfläche beginnen konnte. Merkliche Unterschiede zu den Versuchen mit verzögertem Bedampfungsbeginn konnten im allgemeinen nicht festgestellt werden. Ergebnisse von Schichten auf gleichen Unterlagen, aber verschiedenen Bedampfungsserien waren gut reproduzierbar.

Die Aufdampfgeschwindigkeit lag in der Größenordnung einiger 10 Å/s. Die Te-Schichten wurden mit Hilfe der Durchstrahlungs-Elektronenmikroskopie und -Elektronenbeugung untersucht.

### 3. Versuchsergebnisse und Diskussion

Spaltfläche der AH-Kristalle war im allgemeinen die Würfelfläche (100). Bei einer Unterlagentemperatur von 100 °C bildet Te auf allen untersuchten Substraten längliche Kristallite mit teilweise

schwalbenschwanzförmigen Enden. Die Beugungsdiagramme sind im allgemeinen Ringdiagramme mit mehr oder weniger ausgeprägten Verstärkungen. Die Qualität der Vorzugsorientierung bewegt sich dabei in einem ziemlich breiten Bereich.

Abbildung 1\*\*\* zeigt ein Beispiel mangelhafter Epitaxie von Te auf NaCl. Im Elektronenbild ist eine Ausrichtung der Kristallite kaum zu erkennen und die Ringe im Beugungsbild zeigen dementsprechend nur schwache Verstärkungen.

Abbildung 2 (Te auf RbBr) zeigt demgegenüber eindeutig ausgerichtete Kristallite in wenigen bevorzugten stark ausgeprägten Richtungen. Entsprechend gibt das Beugungsbild ein klares Punktdiagramm.

Bei der Ermittlung der Vorzugsorientierung ist zu unterscheiden zwischen der Fläche des Te-Gitters, mit der die Te-Kristallite auf der Unterlage aufliegen (sie wird im folgenden als „Folienorientierung“ bezeichnet), und dem Azimut, den eine in dieser Fläche liegende Gitterrichtung mit der Würfelfläche des Substratkristalls bildet. Ringdiagramme können offenbar auch dann entstehen, wenn zwar die Folienorientierung, nicht aber das Azimut festgelegt ist.

Die Beugungsbilder setzen sich häufig aus mehreren Systemen von Beugungspunkten zusammen, die um einen bestimmten Winkel gegeneinander verdreht sind. So besteht beispielsweise das Diagramm Abb. 2, das ohne Elektrolinsen erhalten wurde, zu dessen Entstehung also weite Präparatbereiche beitrugen, im wesentlichen aus zwei zueinander senkrechten Beugungsbildern von Kristalliten der Folienorientierung (100). Noch deutlicher zeigt dies Abb. 3, das Feinbereichs-Beugungsbild eines einzelnen Kristalliten einer (100)-Folie, der in diesem Falle auf RbCl aufgewachsen ist.

Bisweilen überlagern sich solchen Bildern noch die Systeme von Kristalliten mit (100)- (Abb. 4, Te auf KBr) oder (101)-Unterlage (Abb. 5, Te auf NaJ), so daß sich teilweise recht komplizierte Punktmuster ergeben.

Die Analyse der Beugungsbilder hat im einzelnen folgende Ergebnisse: Meist liegen die Te-Kristallite mit einer Fläche auf, die die Te-Schraubenachse [001] (= c-Achse) enthält. Am häufigsten wurde gefunden: Te-(100) || AH-(100) (vgl. Abb. 2 und 3!), seltener dagegen Te-(110) || AH(100) (vgl. Abb. 4!). Die Folienorientierung Te-(110) fehlt bei RbBr, KJ

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

\*\*\* Abb. 1 bis 8 auf Tafel S. 792 a, b.

und RbJ ganz. Auf den Würfelflächen dieser Substanzen wächst Te fast nur mit der (100)-Fläche auf. Bei Na, Br und NaJ ist neben Te-(100) die pseudokubische (101)-Fläche (Abb. 5) die bevorzugte Folienfläche.

Tabelle 1 gibt an, welche Azimute mit welcher Folienorientierung auf den verschiedenen Wirtskristallen bevorzugt sind. Dort ist auch eine quantitative Abschätzung der relativen Intensität der Verstärkung auf den Ringen (stark – mittel – schwach – kaum ausgeprägt) sowie ihrer Schärfe (Punktescharf – verwaschen) gegeben. Die Unterlagesubstanzen sind nach steigender Gitterkonstante  $a_0$  angeordnet. Außerdem ist in Tab. 1 der Abstand  $a_0 \sqrt{2}/2$  der (110)-Flächen und das Verhältnis  $r^+/r^-$  der Ionenradien angegeben. Am häufigsten wurde bei Te-(100)  $\parallel$  AH-(100) gefunden: Te-[001]  $\parallel$  AH- $\langle 100 \rangle$ , seltener und nur auf NaCl, NaBr, KCl, NaJ, RbCl, KBr auch die Richtungen Te-[001]  $\parallel$  AH- $\langle 110 \rangle$ . Bei Te-(101)  $\parallel$  AH-(100) lag im allgemeinen die Pseudo-Würfelfkante parallel zur Würfelfkante der Unterlage: Te-[101]  $\parallel$  AH- $\langle 100 \rangle$ . Bei Kristalliten mit (100)-Unterlage war eine stärkere Neigung zur Bevorzugung bestimmter Azimute zu finden als bei Kristalliten mit (110)-Folie.

Von Te-Schichten einiger Substrate findet man in den Beugungsbildern Ringe, die keine Verstärkungen zeigen. Dadurch wird eine Zuordnung zu bestimmten Folienorientierungen erschwert oder gar unmöglich gemacht. Ringe ohne Verstärkungen sind in Tab. 1 mit „R.o.V.“ bezeichnet.

Bei einigen Substanzen der kleinsten (LiCl, LiBr) und der größten Gitterkonstanten (RbBr, KJ, RbJ) beobachtet man Beugungsbilder, bei denen das eine orthogonale Paar von Punktsystemen von zwei weiteren, gegen das erste Paar um ca.  $\pm 6^\circ$  verdrehte Paare umgeben ist. Als Beispiel zeigt Abb. 6 das Beugungsdiagramm von Te auf RbJ. Für diesen Fall lauten die Epitaxiegesetze: Te-(100)  $\parallel$  RbJ-(100),  $\angle(\text{Te-[001]}, \text{RbJ-}\langle 100 \rangle) = -6^\circ$  oder  $0^\circ$  oder  $+6^\circ$ . Überraschenderweise ist die Intensität der jeweils um  $\pm 6^\circ$  abweichenden Reflexe erheblich größer als die des entsprechenden mittleren Reflexes. Bei manchen auf RbJ aufgewachsenen Te-Schichten fehlen einige der sechs Systeme, so daß das resultierende Beugungsbild seine 4-zählige Symmetrie verliert. Als Beispiel zeigt Abb. 7 ein weiteres Beugungsbild von Te auf RbJ. Im dazugehörenden Elektronenbild erkennt man das entsprechende, ebenfalls nicht orthogonale System der Te-Kristallite.

Tab. 1. Vergleich der Epitaxiequalität von Te auf den Würfelflächen verschiedener Salze.

AH	Abwei- chung	$a_0$	$a_0/\sqrt{2}$	$r^+/r^-$	Te-(100) $\parallel$ AH-(100) Te-[001] $\parallel$ AH- $\langle 100 \rangle$	Te-[001] $\parallel$ AH- $\langle 110 \rangle$	Te-(110) $\parallel$ AH-(100) Te-[001] $\parallel$ AH- $\langle 100 \rangle$	Te-[001] $\parallel$ AH- $\langle 110 \rangle$	Te-(111) $\parallel$ AH-(100) Te-[101] $\parallel$ AH- $\langle 100 \rangle$
LiCl	$\pm 6^\circ$	5,15	3,64	0,43	stark/scharf	—	kaum/scharf	—	R.o.V. ?
LiBr	$\pm 6^\circ$	5,50	3,89	0,40	stark/verwaschen	—	schwach/verwaschen	—	R.o.V. ?
NaCl	—	5,64	3,99	0,54	mittel/verwaschen	mittel/verwaschen	mittele/scharf	kaum/scharf	R.o.V. ?
NaBr	—	5,97	4,22	0,50	stark/scharf	mittel/scharf	Ringe ohne Verstärkung (= R.o.V.)	kaum/scharf	stark/scharf
K Cl	—	6,28	4,44	0,74	stark/scharf	stark/verwaschen	kaum/verwaschen	kaum/ziemlich scharf	R.o.V. ?
Na J	—	6,47	4,58	0,45	stark/scharf	kaum/scharf	mittel/scharf	—	stark/scharf
RbCl	—	6,55	4,63	0,82	stark/ziemlich scharf	schwach/verwaschen	mittel/scharf	mittel/scharf	schwach/scharf
K Br	—	6,60	4,76	0,68	stark/scharf	stark/scharf	mittele/scharf	—	kaum/scharf
RbBr	$\pm 6^\circ$	6,86	4,85	0,76	Punkte/scharf	—	keine Reflexe	—	—
K J	$\pm 6^\circ$	7,06	4,98	0,61	Punkte/scharf	—	(selten: stark/Punkte)	—	(R.o.V. ?)
Rb J	$\pm 6^\circ$	7,33	5,18	0,68	Punkte/scharf	—	keine Reflexe	—	—
							(seltener: stark/Punkte)	—	—

Bei den auf LiBr aufgewachsenen Te-Schichten können in diesem Winkelbereich sämtliche Azimute auftreten:

$$\angle(\text{Te-[001]}, \text{AH-}\langle 100 \rangle) \in (-6^\circ, +6^\circ).$$

Die Verstärkungen der Beugungsringe sind demzufolge scharf begrenzte Bogenstücke.

Bei LiBr gelang die Spaltung der Kristalle in einer (110)-Fläche sowie in einer Fläche unbekannter Indizierung. Je nach der Unterlagefläche zeigen die Schichten signifikante Unterschiede, die in Tab. 2 zusammengestellt sind. Verstärkungen auf Ringen von Te-(100)-Folien kommen nur auf der LiBr-(100)-Fläche, Verstärkungen auf Te-(110)-Ringen

Tab. 2. Vergleich der Epitaxiequalität von Te auf verschiedene Flächen von LiBr.

	Verstärkungen bei Reflexen der Folienorientierung (Te-(110))	Te-(100)
LiBr-(100)	R.o.V. ?	stark/verwaschen
LiBr-(110)	{stark/verwaschen R.o.V. ?	R.o.V. ? R.o.V. ?
unbekannte Fläche	{stark/verwaschen R.o.V. ?	mittel/verwaschen schwach/verwaschen

dagegen, wenn überhaupt, nur auf LiBr-(110) vor. Ringe, die eventuell der pseudokubischen (101)-Folienorientierung zuzuschreiben wären, sind stets ohne Verstärkungen, so daß über diese Orientierung keine Aussage gemacht werden kann. Die Beugungsringe der auf LiBr-(110) aufgewachsenen Schichten sind häufig völlig ohne erkennbare Verstärkungen.

Der Azimut ist in beiden Fällen  $\text{Te-[001]} \parallel \text{LiBr-}\langle 100 \rangle$ ; dabei weisen die Beugungsbilder der Te-(100)-Folien auf (100)-Substrat eine maximal 4-zählige, die (110)-Folien auf (110)-Substrat höchstens 2-zählige Symmetrie auf.

Wegen der entsprechenden Symmetrie der Substratfläche ist dies durchaus verständlich. Bei der Schicht, die auf der nicht indizierten Fläche aufgewachsen ist, waren beide Orientierungen nebeneinander zu finden, was als Hinweis auf eine Feinstufung aus (100)- und (110)-Flächen gewertet werden kann.

Diese Ergebnisse zeigen schon, daß zweidimensionale Gitteranpassung allein nicht ausreicht, um auch nur bei einer einzelnen Aufdampfschicht die Vielfalt der Epitaxiegesetze zu erklären. Zwar scheint gerade dort, wo die pseudokubische Würfelkante des Te-

Gitters dieselbe Länge hat wie das Gitter des Substrates — nämlich bei NaJ — auch die pseudokubische (101)-Fläche des Te als Auflagefläche bevorzugt zu sein (vgl. Tab. 1!). Auch bei NaBr ist die Diskrepanz zwischen Länge der Pseudo-Würfelkante und der Unterlage noch innerhalb der theoretisch erlaubten Grenze<sup>4</sup>. Für die gleichzeitig stark ausgeprägte Orientierung  $\text{Te-(100)} \parallel \text{AH-(100)}$ ,  $\text{Te-[001]} \parallel \text{AH-}\langle 100 \rangle$  stößt man mit der Annahme der zweidimensionalen Gitteranalogie schon auf Schwierigkeiten. Ebenso sollte nach VAN DER MERWE<sup>4</sup> auch auf den Würfelflächen der Nachbarsubstanzen RbCl und KCl die von der Länge der Pseudo-Würfelkante nur um ca. 4% bzw. 1% abweichen, Epitaxie der Te-(101)-Fläche möglich sein. Sie ist bei diesen Kristallen jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Die allgemeine Bevorzugung von Auflageflächen, die die Schraubenachse [001] des Te-Gitters enthalten, scheint ein Hinweis darauf zu sein, daß die Te-Bindungen der Schraubenachse meist stärker sind als die stärksten Bindungen zum Gitter des Substrates. Danach könnte man erwarten, daß sich die Te-Ketten auf dem Gitter des Wirtskristalles in möglichst ausgeprägten Rillen anlagern würden, daß also eine eindimensionale Gitteranalogie der Epitaxie förderlich ist. Da Anionen und Kationen im Gitter des NaCl-Typs in den  $\langle 110 \rangle$ -Richtungen jeweils ununterbrochene Reihen bilden, scheinen gerade diese Richtungen als „Keimbildungsschienen“ besonders geeignet zu sein.

Der Abstand der Schraubenachsen in der (100)-Unterlagefläche des Te-Gitters beträgt 4,44 Å. Auf einigen Substraten, bei denen der Abstand der (110)-Netzebenen  $a_0/\sqrt{2}$  nicht wesentlich von diesem Wert abweicht (NaCl, NaBr, KCl, KBb), ist die Vorzugsorientierung  $\text{Te-(100)} \parallel \text{AH-(100)}$ ,  $\text{Te-[001]} \parallel \text{AH-}\langle 110 \rangle$  in der Tat zu beobachten. Sie sollte nach dieser Überlegung auch bei NaJ und RbCl auftreten, ist hier jedoch, wie Tab. 1 zeigt, von untergeordneter Bedeutung. Auch zur Klärung der gleichzeitig mit dieser Folienorientierung auftretenden Orientierungen  $\text{Te-(100)} \parallel \text{AH-(100)}$  sowie  $\text{Te-(110)} \parallel \text{AH-(100)}$ , beide mit  $\text{Te-[001]} \parallel \text{AH-}\langle 100 \rangle$ , ist die Idee der eindimensionalen Gitteranalogie ebenfalls ungeeignet.

Eine weitere Möglichkeit, die Orientierung der kondensierten Te-Keime zu beeinflussen, kann man in Spaltstufen auf der Substratoberfläche sehen, da an solchen Stufen die Bewegung der Keime sicher behindert ist. Um den Einfluß eines mit elektronen-

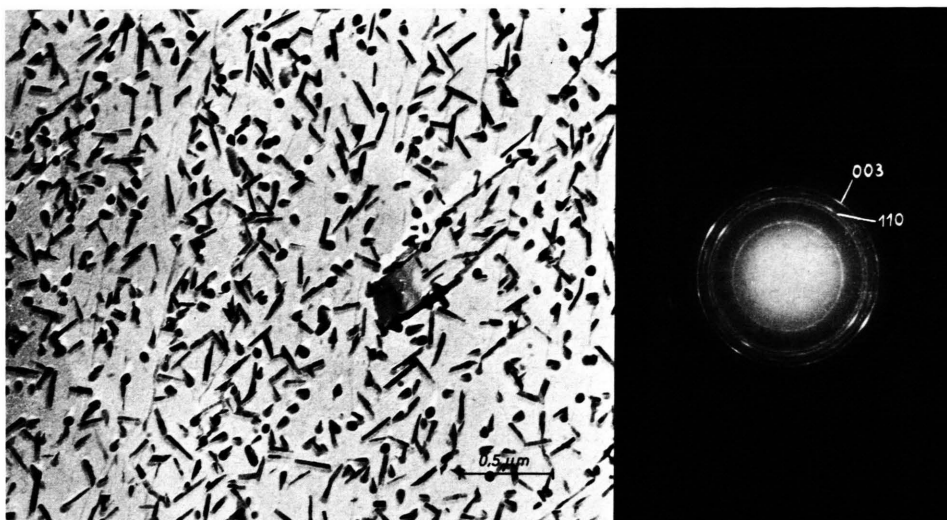


Abb. 1. Te auf NaCl, Elektronenbild und Beugungsbild (60 kV). Die dominierenden Ringe zeigen schlechte Epitaxie.

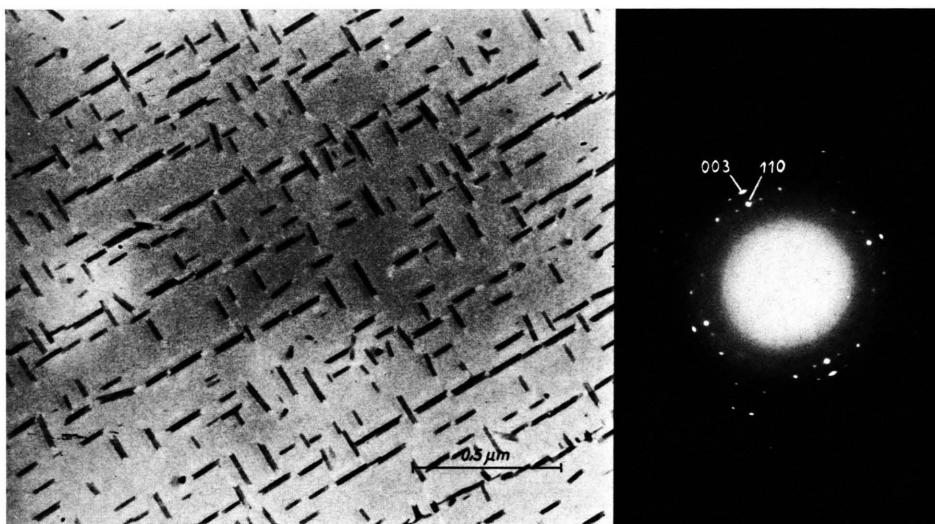


Abb. 2. Te auf RbBr, Elektronenbild und Beugungsbild (80 kV). Das Fehlen der Ringe im Beugungsbild zeigt gute Gleichorientierung durch die Unterlage.

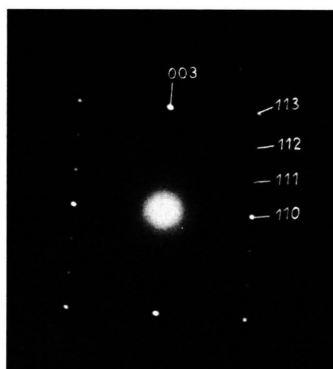


Abb. 3. Te auf RbCl. Beugungsbild (80 kV) eines einzelnen Kristallits mit (100)-Auflagefläche.

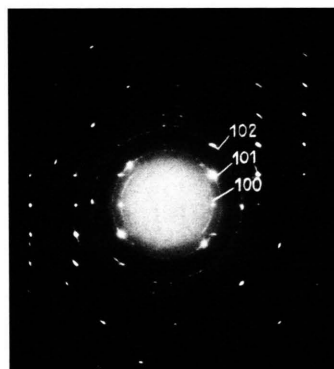


Abb. 4. Te auf KBr, (60 kV). (110)-Auflagefläche stark bevorzugt.

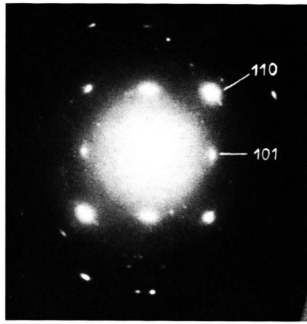


Abb. 5. Te auf NaJ, 60 kV. Fast ausnahmslos (101)-Auflagefläche.

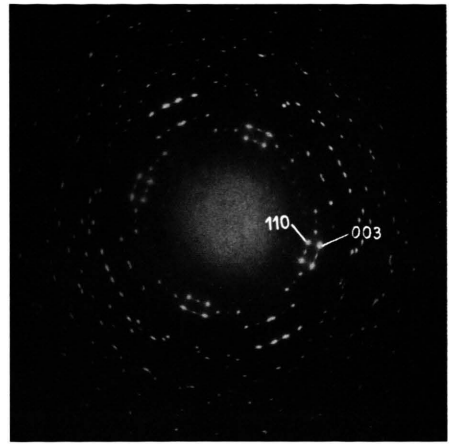


Abb. 6. Te auf RbJ, 80 kV. Zusammenwirken von sechs Kristalliten einer (100)-Folie (vgl. auch Abb. 3!).

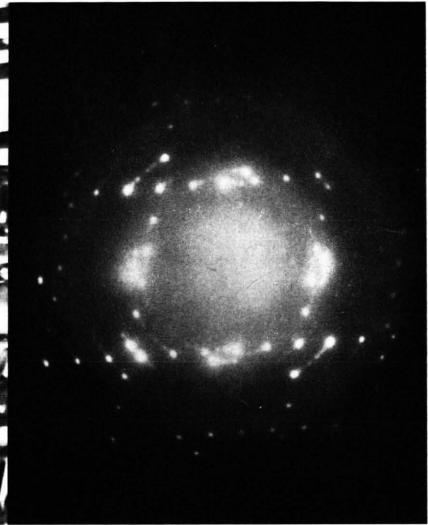
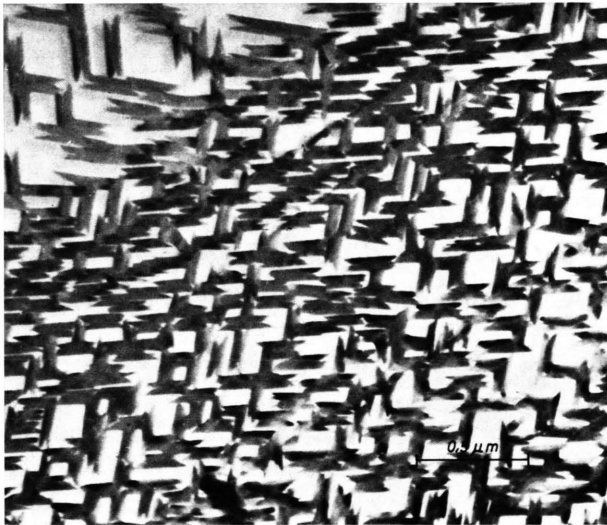


Abb. 7. Te auf RbJ, Elektronenbild und Beugungsbild (60 kV). Vier der sechs Systeme aus Abb. 6 fehlen hier, so daß sich ein Beugungsbild von nur zweizähliger Symmetrie ergibt.

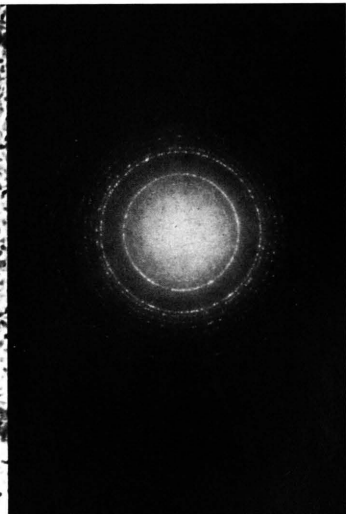


Abb. 8. Te auf C-Folie. C-Folie von RbJ-(100) abgenommen. Elektronenbild und Beugungsbild 60 kV. Selbst durch die elektronenmikroskopisch sehr deutlich abgebildeten Kanten findet keine Beeinflussung der Vorzugsorientierung der Te-Schicht statt.

mikroskopischen Methoden noch erkennbaren „Mikroreliefs“ von dem des „Potentialreliefs“ des Wirtsgitters zu trennen, wurden auf fünf simultan im Hochvakuum gespaltene Kristalle (LiCl, NaCl, NaJ, KJ, RbJ) und eine gleichzeitig erzeugte Glasbruchfläche bei Raumtemperatur Kohleschichten aufgedampft. Die C-Folien wurden anschließend mit Wasser (bei Glas mit verdünnter Flußsäure) abgelöst und auf in der Elektronenmikroskopie übliche Netze gefischt. In einem Präparathalter wurden die C-Filme wieder ins Hochvakuum gebracht, auf 100 °C aufgeheizt und daran mit Te bedampft.

Ein Relief (Spaltstufen, bei Glas Lanzettbrüche) war in der Qualität üblicher elektronenmikroskopischer Kohleabdrücke zu erkennen; eine Zwischenschicht zwischen C-Film und Te-Schicht ist wegen des Präparationsweges wahrscheinlich, dürfte aber das abgenommene Mikrorelief kaum stören.

Wie auf Kristallsubstraten bildet das Te auch bei Kondensation auf den Kohlefolien längliche Kristallite, die hier jedoch im allgemeinen kürzer und ohne die schwalbenschwanzförmigen Enden sind. Erwartungsgemäß zeigten die auf den von Glasbruchflä-

chen abgenommenen C-Folien aufgewachsenen Te-Schichten keine erkennbare Vorzugsorientierung. Selbst an Bruchkanten waren die Schichten — etwas überraschend — rein polykristallin. Doch auch bei Te-Schichten, die auf den von Kristallflächen abgenommenen C-Folien aufgewachsen waren, fehlt jeder Hinweis auf die Bevorzugung bestimmter Azimute, selbst, wie Abb. 8 am Beispiel von Te auf C-Folie, C-Folie von RbJ-(100) abgenommen, zeigt, in der Umgebung von Spaltstufen. Demnach scheint auch ein eventuell vorhandenes Mikrorelief keine entscheidende Rolle beim Wachstum der Te-Schichten auf Alkalihaloegeniden zu spielen. Eine Möglichkeit, die durch die Vielfalt der Epitaxiegesetze nahegelegt wird, scheint die Bildung einer Zwischenschicht zu sein. Die Struktur muß nach den Versuchsergebnissen stark von der Gitterkonstanten des Substrates abhängen. Weitergehende Aussagen können mit den vorhandene experimentellen Mitteln nicht gemacht werden.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung der Untersuchungen.

<sup>1</sup> A. NEUHAUS, Fortschr. Miner. **29/30**, 136 [1950/51].

<sup>2</sup> H. MAYER, Physik dünner Schichten II, Stuttgart 1955.

<sup>3</sup> F. C. FRANK u. J. H. VAN DER MERWE, Proc. Roy. Soc. London **A 198**, 205 [1949]; **A 200**, 125 [1950].

<sup>4</sup> J. H. VAN DER MERWE, J. Appl. Phys. **41**, 4725 [1970].

<sup>5</sup> H. LASSEN, Phys. Z. **35**, 172 [1934]. — H. LASSEN u. L. BRÜCK, Ann. Phys. **22**, 233 [1935].

<sup>6</sup> S. INO, D. WATANABE u. S. OGAWA, J. Phys. Soc. Japan **17**, 1074 [1962]; **19**, 881 [1964].

<sup>7</sup> J. W. MATTHEWS u. E. GRÜNBAUM, Appl. Phys. Letters **5**, 106 [1964].

<sup>8</sup> A. K. GREEN, E. BAUER u. J. DANCY, J. Appl. Phys. **41**, 4736 [1970].

<sup>9</sup> H. BETHGE u. M. KROHN, Grundprobleme der Physik dünner Schichten, Proceed. Int. Conf. Clausthal-Göttingen 1965, S. 157.

<sup>10</sup> W. SCHÜZ u. E. DICK, Z. Naturforsch. **25a**, 456 [1970].