

Orientierung von Goldaufdampfschichten

KLAUS MÜLLER und HELMUT VIEFHAUS

Institut für Theoretische Physik der Technischen Hochschule
Karlsruhe

(Z. Naturforsch. 21 a, 1726 [1966]; eingeg. am 22. September 1966)

Für Untersuchungen über Epitaxie hat sich zum Strukturnachweis bei auf einem Einkristall aufgedampften Schichten die Beugung langsamer Elektronen bewährt^{1, 2}. Für die Unterlagentemperatur T_u , die zum orientierten Aufwachsen von Gold auf Glimmer nötig ist, werden in der Literatur sehr unterschiedliche Werte angegeben, z. B. ADAMSKY und LE BLANC³ 300 bis 450 °C, CHOPRA, BOBB und FRANCOMBE⁴ 270–300 °C, HINES⁵ 490–560 °C und RÜDIGER⁶ 450 °C. Alle diese Untersuchungen sind mit Beugung schneller Elektronen durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit wurden bei verschiedenen Unterlagentemperaturen zwischen 250 und 550 °C, aber sonst gleichen Versuchsbedingungen, Goldschichten auf Glimmer gedampft, um die starke Streuung der Literaturwerte zu klären. Dazu haben wir jeweils frischgespaltene Glimmerstücke in den Dampf- und Beugungsrezipienten¹ gebracht und nach 20-stündigem Ausheizen bei 400 °C und Erreichen des UHV-Bereichs mit etwa 30 Å/min bedampft. Während des Dampfens liegt der Druck bei $1 \cdot 10^{-7}$ Torr und sinkt anschließend wieder in den UHV-Bereich. Schichten, die bei Unterlagentemperaturen $T_u < 400$ °C aufgedampft wurden, ergaben diffuse Streuung langsamer Elektronen: Diese Schichten sind polykristallin.

Beginnende Ordnung finden wir im Bereich
 $400 \text{ °C} < T_u < 500 \text{ °C}$,

in dem die Schichten bei der Beugung Ringreflexe zeigen: Eine Einfachorientierung der Kristalle mit [111] senkrecht zur Unterlage liegt vor (Abb. 1*). Dabei sieht man mit wachsendem T_u zunehmend deutlicher das Auftreten von 12 Punkten auf den Ringen (Abb. 2), bei 500 °C nur noch diese 12 Punktreflexe. Sie gehören zu zwei Gruppen von je sechs, die gegeneinander um 22 Grad verdreht sind: Es bilden sich Zwillinge. Für $T_u > 500$ °C schließlich erhalten wir einkristallische, zwillingsfreie Goldschichten mit sechszähliger

Beugungsdiagramm (Abb. 3). Die Schichten haben die (111)-Ebene als Oberfläche, man beobachtet alle zu erwartenden LAUE-Reflexe und nur diese.

Dieses Ergebnis stimmt mit dem von HINES⁵ überein. Beide Experimente wurden im UHV durchgeführt. Andere Autoren^{3, 4, 6} fanden niedrigere Unterlagentemperaturen, sie experimentierten im Hochvakuum. Während wir durch das Ausheizen der Apparatur die Oberfläche der noch unbedampften Glimmerunterlage so gut reinigen, daß wir sogar deren Struktur durch Beugung langsamer Elektronen nachweisen¹, müssen die Autoren^{3, 4, 6} mit einer stärkeren Gasbelegung rechnen; dies gilt für CHOPRA u. a.⁴, die an Luft spalten, mehr als für ADAMSKY u. a.³, die im Hochvakuum spalten.

Beim Zustandekommen der Epitaxie von Gold auf Glimmer muß also entweder für hohe Unterlagentemperatur bei sauberer Oberfläche gesorgt werden, oder bei kleinerem T_u eine gasbelegte Oberfläche der Unterlage vorhanden sein. Dasselbe findet ADAM⁷ für Gold auf Alkalihalogeniden.

Wie auch HARSORFF⁸ feststellte, spielt bei der Epitaxie offenbar die Tiefe der Potentialmulden an der Oberfläche der Unterlage eine wesentliche Rolle. Unsere Ergebnisse lassen darauf schließen, daß die Potentialmulden an der *sauberen* Glimmeroberfläche sehr tief sind. Damit die Platzwechselwahrscheinlichkeit der kondensierenden Metallatome genügend groß wird, um das Ausrichten der Keime in die kristallographisch richtige Lage zu ermöglichen, sind starke Gitterschwingungen, große Temperaturen notwendig. Man kann aber auch die Potentialmulden durch geeignete Gasbelegung abflachen (Hochvakuum oder Atmosphäre). Dann reichen geringere Temperaturen zur Orientierung der Keime aus.

Mit dieser Vorstellung lassen sich alle Ergebnisse erklären: Die niedrigsten Epitaxietemperaturen von CHOPRA u. a.⁴ bei starker Gasbelegung (an der Luft gespalten und nicht gereinigt), die höheren Temperaturen von ADAMSKY und LE BLANC³ (im Hochvakuum gespalten, daher sauberer) und die höchsten notwendigen Epitaxietemperaturen von HINES⁵ und unseren Versuchen mit durch Ausheizen gereinigten Oberflächen.

Wir danken Herrn Prof. Dr. FRANZ WOLF für ständige Förderung der Arbeit und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Bereitstellung von Geräten.

¹ K. MÜLLER, Z. Naturforsch. 19 a, 1234 [1964].

² K. MÜLLER, Z. Phys. 195, 105 [1966].

³ R. F. ADAMSKY u. R. E. LE BLANC, J. Vacuum Sci. Techn. 2, 2135 [1965].

⁴ K. L. CHOPRA, L. C. BOBB u. M. H. FRANCOMBE, J. Appl. Phys. 34, 1699 [1963].

⁵ R. L. HINES, J. Physique 25, 134 [1964].

⁶ O. RÜDIGER, Ann. Phys. Leipzig 30, 505 [1937].

⁷ R. W. ADAM, Z. Naturforsch. 21 a, 497 [1966].

⁸ M. HARSORFF, Solid State Commun. 1, 218 [1963].

* Abb. 1–3 auf Tafel S. 1728 b.

