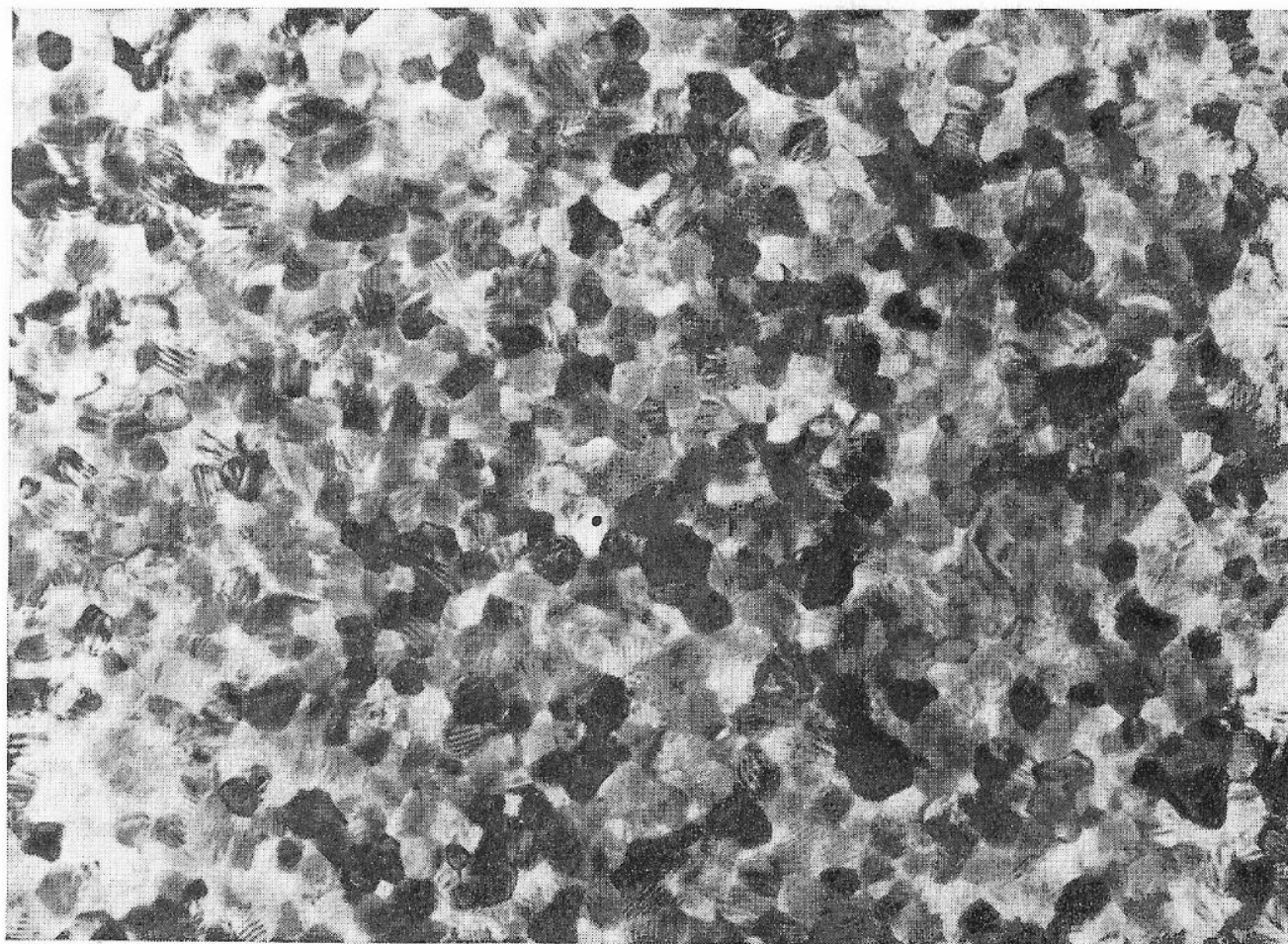


**VEB KOMBINAT ELEKTRONISCHE BAUELEMENTE TELTOW**  
**Arbeitsausschuß Kondensatoren der Kammer der Technik**

---

# **BERICHTSBAND**

**zur 4. Fachtagung „Kondensatoren“  
mit internationaler Beteiligung**



**17. bis 19. März 1987**

**Karl-Marx-Stadt**

Herausgegeben im Auftrag  
des Generaldirektors des  
VEB Kombinat Elektroni-  
sche Bauelemente Teltow

Doz. Dr. sc. nat. H.-D. Langer  
(Herausg.)  
Technische Universität  
Karl-Marx-Stadt, Sektion  
Physik/Elektronische Bau-  
elemente

TOPOGRAFISCHE UNTERSUCHUNGEN AN GESPUTTERTEN ALUMINIUM-  
SCHICHTKONTAKTEN

Dr. rer. nat. H. Podlesak,

VEB Werk für Fernsehelektronik  
Berlin

Doz. Dr. sc. nat. H.-D. Langer, TU Karl-Marx-Stadt

In der Mikroelektronik ist die Bondbarkeit von Leitbahnan-  
schlüssen von vielen Parametern wie Substrat- und Metallisie-  
rungseigenschaften, Drahtbondbedingungen u.s.w. abhängig/1/.  
Deshalb ist es u.a. wichtig, durch Einhaltung bestimmter Be-  
dingungen beim Sputtern von Aluminium optimale Schichteigen-  
schaften zu erreichen. Neben dem Oxidanteil im Volumen und an  
der Oberfläche scheinen Korngröße und Rauigkeit der Schicht-  
oberfläche die Bondbarkeit wesentlich zu beeinflussen. Zur  
Korrelation zwischen mikroskopischen Eigenschaften von Al-  
Schichten und Schichtwachstumsbedingungen beim Vakuumbedampfen  
oder Sputtern sind zahlreiche Veröffentlichungen zu finden.

Das Ziel eigener Untersuchungen war, zunächst mittels ein-  
facher Standardmethoden wie Rasterelektronenmikroskopie,  
Transmissionselektronenmikroskopie (C-Abdrucktechnik, Al-  
Schichten mit durchstrahlbarer Dicke) und Elektronenbeugung  
Aussagen zum Schichtwachstum in Abhängigkeit von Restgasdruck,  
Substratart, -temperatur und Schichtdicke sowie Sputteranlage  
zu erhalten.

Die Aluminiumschichten wurden mittels Magnetron-Sputtern mit  
einer Rate von ca.  $1 \text{ nm s}^{-1}$  auf thermisch oxidierte Silicium-  
Scheiben, Glas und Keramik abgeschieden.

Der starke Einfluß des Restgases, nach Barna et al/2/ vor allem  
des Sauerstoffanteils, auf das Korn- und das Schichtwachstum  
und damit die Schichttopografie wird in Abb.1 deutlich. Im  
Bereich  $p_r = 4 \cdot 10^{-5}$  bis  $5 \cdot 10^{-4}$  Pa sind mit steigendem Restgas-  
druck die Abnahme der lateralen Kornabmessungen, die Zunahme  
von Wachstumsinhomogenitäten an den Kornflächen in Abhängigkeit  
von ihrer kristallografischen Orientierung und die Zunahme der  
Schichtoberflächenrauigkeit zu erkennen. Bei weiterer Erhöhung  
des Restgasdruckes ( $p_r \approx 10^{-3}$  Pa) dominiert inhomogenes Schicht-



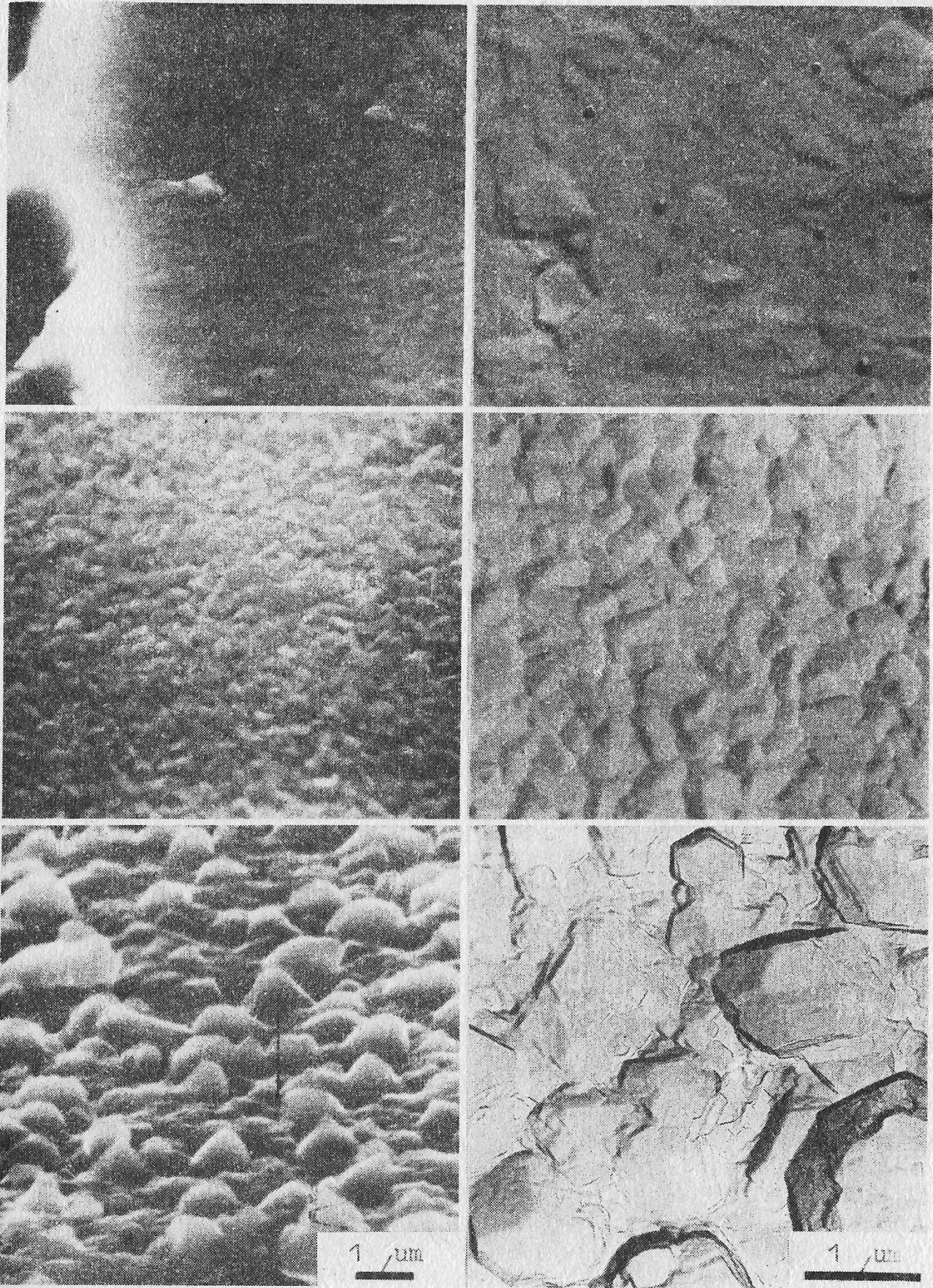


Abb. 1 Sekundärelektronenabbildung (links) und Abdruck (rechts) der Oberflächen von Aluminiumschichten der Dicke  $d \approx 1 \mu\text{m}$ , gesputtert bei variiertem Restgasdruck:  
 $p_r = 4 \cdot 10^{-5}$  Pa (oben),  $5 \cdot 10^{-4}$  Pa (mitte),  $\text{ca. } 10^{-3}$  Pa (unten)



wachstum, die Schichttopografie wird durch Hillocks und Whisker bestimmt.

Die Aufnahmen an ca.  $6\ \mu\text{m}$  dicken Schichten (Oberfläche und Bruchfläche, Abb.2) bestätigen die Annahme, daß bei  $p_r \approx 5 \cdot 10^{-4}$  Pa die Körner in Richtung der Schichtnormalen wachsen. Reflexionselektronen- als auch Röntgenbeugungsaufnahmen weisen anhand der Beugungsmaxima eine ausgeprägte Textur nach.

Durch Variation der Schichtdicke wurde das Wachstumsverhalten bei hohem Restgasdruck ( $p_r \approx 10^{-3}$  Pa) auf geheiztem ( $T=200^\circ\text{C}$ ) und ungeheiztem Substrat ( $T=50^\circ\text{C}$ , Abb.3a,b) untersucht. Da der Grad der Kontamination und der Ausbildung von Wachstumsstörungen von der jeweiligen Orientierung der Kristallflächen abhängt, führt hoher Sauerstoff-Partialdruck zu beträchtlichen Wachstumsinhomogenitäten /2/. Tatsächlich werden bei  $T=200^\circ\text{C}$  neben feinkristallinen Bereichen ohne Vorzugsorientierung der Kristallite, deren Wachstum schon bei Abmessungen von 10 bis 50 nm abbricht, auch wesentlich größere Körner mit einheitlicher Orientierung gebildet. Folglich resultiert ein bezüglich Sauerstoffeinbau, Kornwachstum, -orientierung und lokaler Schichtdickenverteilung

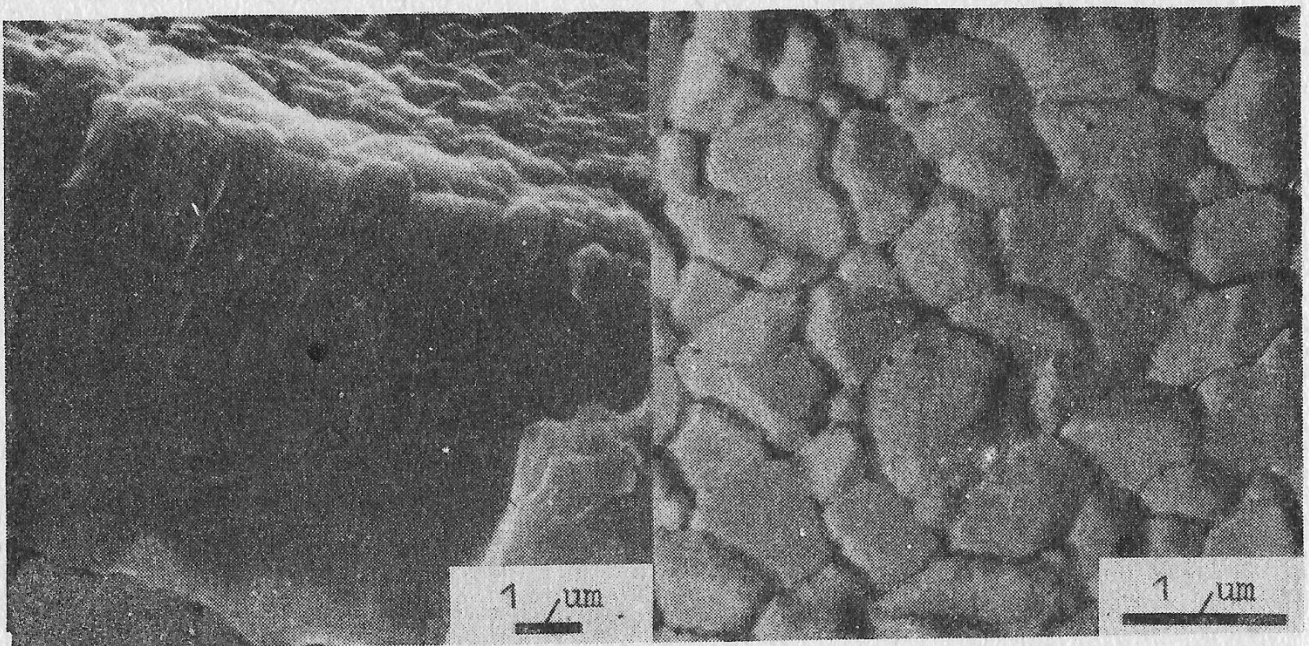


Abb. 2 Ober- und Bruchfläche einer Aluminiumschicht mit  $d \approx 6\ \mu\text{m}$ ;  $p_r = 5 \cdot 10^{-4}$  Pa  
links: SE-Abb., rechts: Abdruck



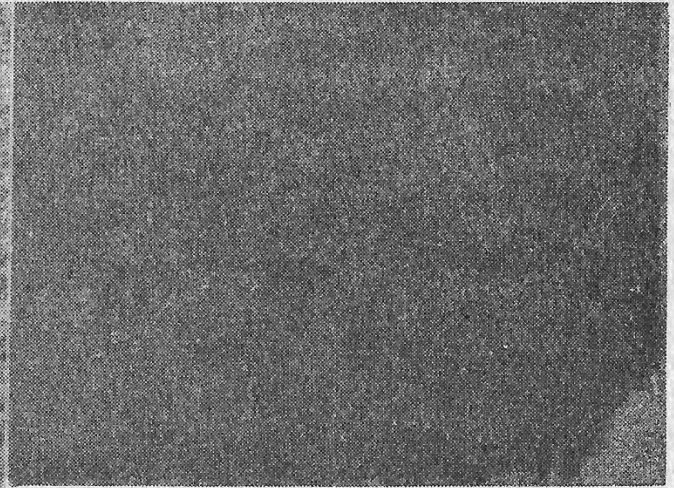


Abb. 3a

Wachstumsverhalten bei hohem  
Restgasdruck ( $p_r \approx 10^{-3}$  Pa)  
in Abhängigkeit von der Sub-  
strattemperatur T

$T \leq 50^\circ\text{C}$  (rechts)

$T = 200^\circ\text{C}$  (links)

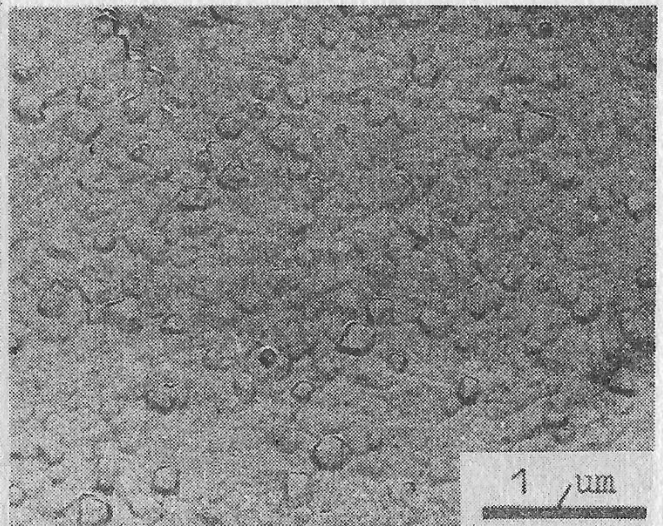
Oberflächenabdrücke von Al-  
Schichten verschiedener  
Dicke  $d$

$d = 40$  nm (oben)

200 nm

400 nm

700 nm (unten)





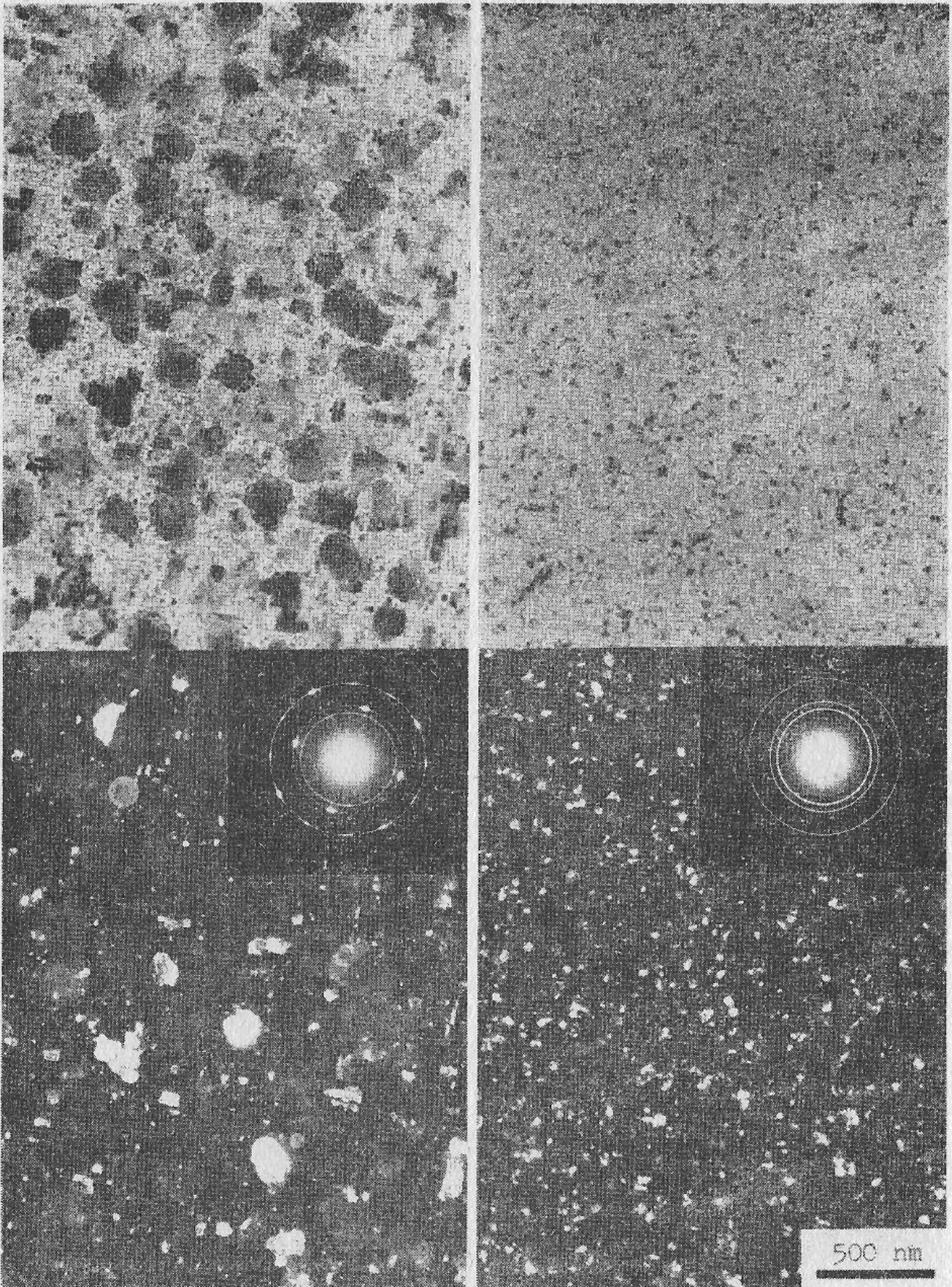


Abb. 3b Wachstumsbedingungen wie in Abb.3a, Hell- und  
Dunkelfeld- sowie Beugungsaufnahmen von ca. 40 nm  
dicken Schichten,  
 $T \leq 50^{\circ}\text{C}$  (rechts)  
 $T = 200^{\circ}\text{C}$  (links)

stark inhomogenes Schichtgefüge sowie eine sehr hohe Oberflächenrauigkeit. Diese Merkmale widersprechen den Forderungen nach geringem Leitbahnwiderstand und guter Bondbarkeit. Ohne Einsatz der Substratheizung kommt es nicht zur Bildung größerer und einheitlich orientierter kristalliner Bereiche (Abb. 3b). Das Beugungsbild von 40 nm dicken Schichten zeigt neben der feinkristallinen kfz-Al-Phase zusätzliche Ringe, welche sich mit einer feinkristallinen  $\beta$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Phase erklären lassen.

Die experimentellen Ergebnisse zur Abhängigkeit des Schichtwachstumsverhaltens vom Restgasdruck entsprechen zufriedenstellend den in der Literatur gefundenen Angaben. Für die Herstellung geeigneter Al-Schichtkontakte erweist sich die Einhaltung eines Restgasdruckes  $p_r \leq 5 \cdot 10^{-4}$  Pa als notwendig.

Ein im mikroskopischen Sinne unebenes Substrat, z.B. Keramik, verursacht eine entsprechend höhere Rauigkeit der Schichtoberfläche und lokale Störungen der Schichttextur. Jedoch Korngröße und -form werden nicht merklich beeinflusst.

Im weiteren sind die Parameter Restgasdruck und Substrattemperatur mit Untersuchungen zur Bondbarkeit der Schichten in Verbindung zu bringen. Dabei wird es genügen, nur die topografischen Merkmale der Schichten zu ermitteln.

/1/ W. Scheel, G. Schmidt,  
M. Thiede :

Schweißtechnik 33 (1983)12,  
573

/2/ P.B.Barna, F.M.Reicha,  
G.Barcza, L.Gosztola,  
F.Koltai :

Vacuum 33 (1983)1/2, 25