

Abb. 2. Schaltung des Ionisationsmanometers zur Messung von Aufdampfgeschwindigkeiten. M Ionisationsmanometer-Röhre, U_E Beschleunigungsspannung für die Elektronen 100 V, U_f Auffängerspannung 30 V, R Arbeitswiderstand des Auffängers $1\text{ M}\Omega$, C Koppelkondensator $0,1\text{ }\mu\text{F}$, V Niederfrequenzverstärker, 2-stufig, O Oszillograph mit Verstärker 50 mV/cm .

ken. Die dadurch hervorgerufene Wechselstromkomponente des Ionenstromes, die um Größenordnungen kleiner als die Gleichstromkomponente des Restvakuum (in den vorliegenden Versuchen $5 \cdot 10^{-5}$ Torr) sein darf, wird am Arbeitswiderstand des Ionenfängers kapazitiv abgenommen und nach Verstärkung mit einem Oszillographen gemessen. Abb. 2 zeigt die elektrische Schaltung. An den Aufdampfofen wurde eine positive Spannung von 150 Volt gelegt, um zu verhindern, daß vom Aufdampfofen emittierte Elektronen auf den Ionenfänger gelangen.

Als Aufdampfofen wurde ein Tantalschiff verwendet, das mit einer Silbermenge für eine Schichtdicke von $100\text{ }\text{\AA}$ beschickt war. Der Aufdampfofen wurde so einreguliert, daß die Wechselstromkomponente des Ionenstromes am Widerstand R (s. Abb. 2) $100\text{ }\mu\text{V}$ betrug; siehe Abb. 3, große Amplitude. Mit diesem Silbervorrat lief der Ofen bei konstanter Aufdampfgeschwindigkeit, erkenntlich an der Konstanz der Amplitude, 100 sec, was einer Aufdampfgeschwindigkeit

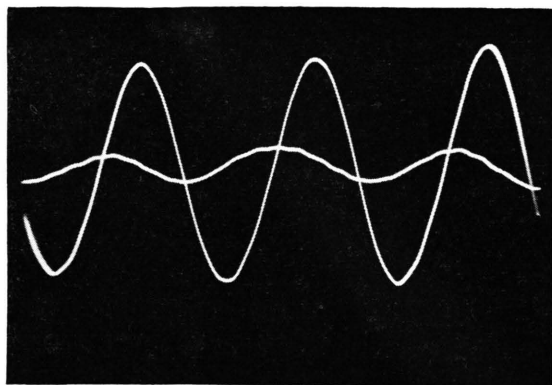


Abb. 3. Oszillogramm der Wechselstromkomponente des Ionenstromes einer Ionisationsmanometer-Röhre, die von einem modulierten (6 Hz) Dampfstrahl getroffen wird. Große Amplitude: Silberdampfstrahl entsprechend einer Aufdampfgeschwindigkeit von $1\text{ }\text{\AA}/\text{sec}$. Kleine Amplitude: Nullverlauf, nachdem alles Ag verdampft ist und der leere Verdampfungssofen mit gleicher Stromstärke weiter betrieben wird.

von $1\text{ }\text{\AA}/\text{sec}$ entspricht. Sobald alles Silber verdampft war, ging auch der Ausschlag auf dem Oszillographen auf den Ruhewert zurück (Abb. 3, kleine Amplitude, $15\text{ }\mu\text{V}$). Der Amplitude von $10\text{ }\mu\text{V}$ entspricht ein Druck von etwa 10^{-9} Torr). Um die obige Abschätzung zu prüfen und die Apparatur zu eichen, wurde die Dicke des Silberniederschlags in einem Vielstrahlinterferenzmikroskop (C. E. Johansson, Schweden) nachgemessen. Mit der Anordnung können auch Schichten so geringer Dicke definiert hergestellt werden, die mit dem Dickenmeßverfahren selbst nicht mehr gemessen werden können. Über die Untersuchung der so hergestellten Schichten wird später zusammenfassend berichtet.

Über den Bandabstand von Galliumnitrid und Aluminiumnitrid

Von E. KAUER und A. RABENAU

Allgemeine Deutsche Philips Industrie G.m.b.H.,
Zentrallaboratorium Aachen

(Z. Naturforschg. **12 a**, 942–943 [1957]; eingegangen am 7. Oktober 1957)

Die unzulängliche Kenntnis der Halbleitereigenschaften einiger III–V-Verbindungen beruht vor allem auf den technologischen Schwierigkeiten, die der Herstellung von Einkristallen entgegenstehen. Eine wesentliche Größe, nämlich der Bandabstand ΔE und dessen Temperaturabhängigkeit läßt sich jedoch mittels Remissionsmessungen auch an polykristallinen Proben bestimmen. Das Meßverfahren beruht auf einem Vergleich der spektralen Intensitäten I und I_0 , die von der zu untersuchenden Probe und einer MgO -Schicht als Standard reflektiert werden. Trägt man als Maß für die Absorp-

tion $\log(I_0/I)$ gegen die Photonenenergie in eV auf, so erhält man Kurven, die im Bereich der Absorptionskante angenähert geradlinig verlaufen. Da das von MACFARLANE und ROBERTS¹ angegebene Verfahren zur genauen Festlegung der Kante auf den vorliegenden Fall nicht anwendbar ist, erscheint es sinnvoll, als Einsatzpunkt der Absorption den Schnittpunkt des extrapolierten Steilanstiegs mit dem Pegel der Restabsorption zu definieren.

GaN und AlN haben im Gegensatz zu den in Zinkblende-Struktur kristallisierenden III–V-Verbindungen Wurtzit-Struktur, worin der höhere Anteil an Ionenbindung zum Ausdruck kommt. Sie werden hergestellt durch Umsetzen der Metalle mit sorgfältig gereinigtem Ammoniak bei $1100\text{ }^\circ\text{C}$ (GaN ²) bzw. 1400 bis $1500\text{ }^\circ\text{C}$ (AlN).

¹ G. G. MACFARLANE u. V. ROBERTS, Phys. Rev. **97**, 1714 [1955].

² H. HAHN u. R. JUZA, Z. anorg. allg. Chem. **244**, 111 [1940].



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.

Der Bandabstand von GaN beträgt 3,25 eV bei Raumtemperatur (s. Abb. 1). Zur Bestimmung des Temperaturkoeffizienten a wurden die Messungen außerdem bei $T = 90^\circ\text{K}$ und 373°K durchgeführt. Als Mittelwert ergab sich $a = 3,9 \cdot 10^{-4} \text{ eV/Grad}$, wobei angenommen wurde, daß im betrachteten Temperaturintervall die lineare Beziehung $\Delta E = \Delta E_0 - aT$ erfüllt ist.

LAGRENAUDIE³ untersuchte die optischen und elektrischen Eigenschaften von AlN und fand bei 3,8 eV eine stärkere Absorption, welche er als Bandkante deutete. Dagegen zeigten seine an mehreren Präparaten gewonnenen Leitfähigkeitskurven Äste von verschiedener Neigung, deren größte einer Aktivierungsenergie von 5,2 eV entsprach. Die vorliegenden Messungen an AlN lassen in dem uns zugänglichen Spektralbereich keine stärkere Absorption erkennen, woraus man schließen kann, daß der Bandabstand sicher größer als 5 eV ist.

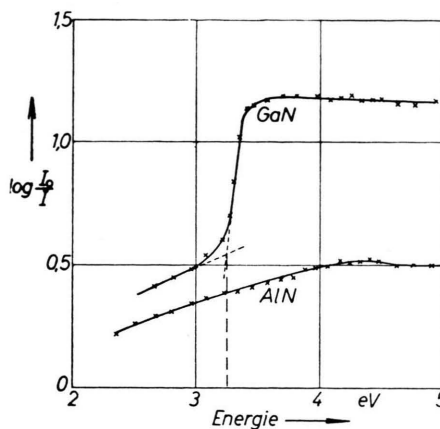


Abb. 1.

³ J. LAGRENAUDIE, J. Chim. Phys. **54**, 222 [1956].

Die Dotierung von A^{III}B^V-Verbindungen mit Elementen der vierten Gruppe des Periodischen Systems

Von O. G. FOLBERTH und E. SCHILLMANN

Forschungslaboratorium der Siemens-Schuckertwerke A.G., Erlangen, und Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke A.G., Berlin-Siemensstadt

(Z. Naturforschg. **12 a**, 943–944 [1957]; eingegangen am 7. Oktober 1957)

Die halbleitenden Verbindungen vom Typus A^{III}B^V lassen sich bekanntlich mit den Elementen der zweiten und sechsten Gruppe des Periodischen Systems dotieren. Und zwar substituieren die Elemente der zweiten Gruppe das A^{III}-Element der Verbindung und rufen damit p-Leitungscharakter hervor, während die Elemente der sechsten Gruppe entsprechend das B^V-Element substituieren und damit n-Leitungscharakter hervorrufen.

Offen ist die Frage, ob und wie Elemente der vierten Gruppe die A^{III}B^V-Verbindungen dotieren. Grundsätzlich sind hierbei drei Möglichkeiten zu unterscheiden. Die Zusatzelemente können erstens das A^{III}-Element substituieren und damit n-Leitung hervorrufen, sie können zweitens das B^V-Element substituieren und damit p-Leitung hervorrufen oder sie können sich drittens gleichmäßig auf beide Arten von Gitterplätzen verteilen, wobei dann eine Art Mischkristallbildung zwischen der Verbindung und dem Element ohne zusätzliche Störstellenbildung entstehen würde. Auch eine teilweise Mischkristall- und teilweise Störstellenbildung wäre denkbar.

Aus theoretischen Überlegungen folgte nun WELKER¹, daß die Verhältnisse der Volumina der Komponenten der Verbindung sowie des Zusatzelements dafür entscheidend sind, was für Gitterplätze vom Zusatz sub-

stituiert werden. Zum Beispiel sollen große Ionen des Zusatzstoffes auf dem Platz der Komponente mit dem größeren Ionen-Volumen eingebaut werden.

Die vorliegenden Untersuchungen sollen einen experimentellen Beitrag zu dieser Frage liefern und geben eine Bestätigung und Erweiterung der WELKERSchen Voraussage.

Die Verbindungen GaSb, InP, InAs und InSb wurden in schmelzflüssigem Zustande mit Ge, Sn und Pb dotiert und über HALL-Effekt-Messungen die Störstellenkonzentration sowie der Leitungscharakter der dotierten Proben ermittelt. Aus der Konzentrationsverteilung über die Probenlänge bei gerichteter Kristallisation der Schmelze ergaben sich die Verteilungskoeffizienten. Die Ergebnisse am InAs wurden teilweise einer früheren Arbeit² entnommen. In Tab. 1 sind die Atom-Radien der Verbindungskomponenten und der Zusatzelemente bei tetraedischer kovalenter Bindung nach PAULING³ (kovalente Radien) und der bei den Versuchen erhaltenen Leitungscharakter zusammengestellt.

Verbindung	Kovalente Radien nach PAULING					Leistungscharakter b. Dot. mit		
	III	V	Ge	Sn	Pb	Ge	Sn	Pb
GaSb	1,26	1,36	1,22	1,40	1,46	p	p	0
InSb	1,44	1,36	1,22	1,40	1,46	p	n	0
InAs	1,44	1,18	1,22	1,40	1,46	n	n	0
InP	1,44	1,10	1,22	1,40	1,46	n	n	0

Tab. 1. Leitungscharakter einiger A^{III}B^V-Verbindungen bei Dotierung mit Elementen der vierten Gruppe und dazugehörige Atom-Radien bei tetraedischer kovalenter Bindung (0 = keine Dotierung).

¹ H. WELKER, Z. Naturforschg. **7 a**, 744 [1952].

² E. SCHILLMANN, Z. Naturforschg. **11 a**, 463 [1956].

³ L. PAULING, The Nature of the Chemical Bond. Oxford University Press, London 1950.