

gelöst. Für die Konzentration des adsorbierten Sauerstoffs n_t wurde der Wert von $10^{18}/\text{cm}^3$ gesetzt, der bei einer Korngröße von $1\ \mu$ einer Oberflächenkonzentration von etwa $5 \cdot 10^{13}/\text{cm}^2$ (MORRISON⁴) entspricht. Die Temperaturabhängigkeit der Elektronenkonzentration wurde für verschiedene Werte des Quotienten n_D/n_t berechnet und der entsprechende Verlauf der Leitfähigkeit in Abb. 2 aufgezeichnet. Der Kurvenverlauf ändert sich, wenn man von einem Parameterwert $n_D/n_t > 1$ zu einem solchen mit $n_D/n_t < 1$ übergeht. Im einen Fall

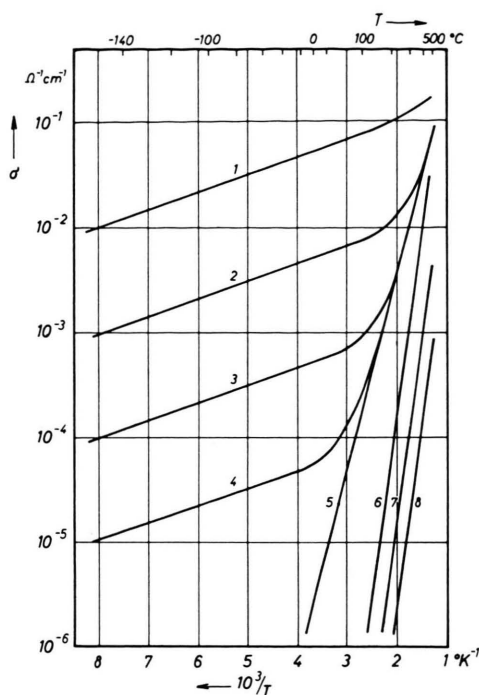


Abb. 2. Unter der Annahme homogen verteilter Traps wurden σ - T -Kurven für verschiedene Werte des Parameters n_D/n_t berechnet.

Kurve	1	2	3	4	5	6	7	8
n_D/n_t	1,01	1,001	1,0001	1,00001	1	0,99	0,9	0,5

Kontaktierung von GaAs-Planartransistoren

Von J. WÜSTENHAGEN

IBM-Laboratorien, Böblingen/Wttbg.

(Z. Naturforsch. 19 a, 1433—1434 [1964]; eingeg. am 2. Oktober 1964)

Nachdem es gelungen war, GaAs-Transistoren in Planarstruktur herzustellen¹, ergab sich die Aufgabe, diese Transistoren mit metallischen Kontakten zu versehen.

¹ P. GANSAUGE u. W. v. MÜNCH, Z. Naturforsch. 19 a, 516 [1964].

wird der Kurvenverlauf hauptsächlich durch die Donatoren, im anderen durch die Traps bestimmt. Die Kurve mit $n_D = n_t$ zeigt ein Grenzverhalten.

Vergleicht man Abb. 1 und Abb. 2, so kann man eine qualitative Übereinstimmung feststellen. Bei den Messungen in Luft ist die Menge des adsorbierten Sauerstoffs hoch, sie entsprechen den berechneten Kurven mit $n_D/n_t < 1$. Eine kleine Änderung des Quotienten n_D/n_t durch den Glühprozeß wirkt sich nur gering aus.

Die Messungen im Vakuum kann man so deuten, daß hier der Quotient n_D/n_t nur wenig über dem Wert 1 liegt. In diesem Bereich bewirkt schon eine kleine Änderung von n_D/n_t eine ziemlich auffällige Veränderung des Leitfähigkeitsverlaufes. Der Einfluß des Glühprozesses kann somit durch eine Verkleinerung des Parameters n_D/n_t beschrieben werden.

Gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Werten herrscht beim Vergleich der Steigungen im Hochtemperaturbereich. Die Steigungen der Vakuum- und Luftmessungen verhalten sich wie 1 : 2, wie bei den berechneten Kurven.

Das Tieftemperaturverhalten und die relativ großen Leitfähigkeitsunterschiede bei 500 °C lassen sich aus diesem Modell nicht erklären. Teilweise wird die Ausbildung von Randschichten den quasihomogenen Charakter stören, was diese Abweichungen bewirken könnte. Auffallend ist die Umkehr der Reihenfolge der Kurven (Abb. 1) bei den Vakuummessungen im Vergleich zu den Messungen in Luft.

Diese Untersuchungen wurden im Rahmen eines Forschungsauftrages der Plastic Coating Corp., Holyoke, Mass., und der Ludwig Boltzmann-Gesellschaft, Wien, durchgeführt. Herrn Prof. Dr. K. M. KOCH und Dr. H. HEINRICH habe ich für viele anregende Diskussionen zu danken.

Anhang: Die Konzentration der freien Elektronen im Leitungsband ist gegeben aus der Konzentration der ionisierten Donatoren (n_D^+) vermindert um die Zahl der Elektronen, die in Traps eingefangen sind (n_t^-):

$$n = n_D^+ - n_t^-.$$

Nimmt man für die Elektronenbesetzung der Störstellen die Formel (47) aus SMITH⁸ (S. 88) und nimmt man weiters an, daß die Donatoren des Zinküberschusses der Bedingung (ii) und die Sauerstofftraps der Bedingung (i) von SMITH, S. 87, genügen, dann ergibt sich daraus unmittelbar unsere Formel (1).

Während sich Emitter- und Basiszone von Silicium-Planartransistoren gleichzeitig mit demselben Metall (etwa Aluminium) kontaktieren lassen, ist das jedoch im Falle des GaAs-Transistors nicht möglich. Es ist kein Metall bekannt, mit dem sowohl zu p- als auch zu n-leitendem GaAs gleichzeitig ein guter OHMScher Kontakt hergestellt werden könnte. Zur Kontaktierung von GaAs-Transistoren ist also die Aufgabe zu lösen, daß Emitter- und Basiszone in zwei unterschiedlichen Prozessen zu kontaktieren sind. Außer der Forderung, daß die Kontakte gute elektrische Eigenschaften haben sollen, sollten sie auch noch die folgenden Bedingungen erfüllen:



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.

1. Die Eindringtiefe der Legierungszone darf $0,5\ \mu\text{m}$ nicht nennenswert überschreiten, damit die Emittereigiebigkeit nicht ungünstig beeinflusst wird.

2. Die Kontakte sollten Temperaturen bis mindestens $400\ ^\circ\text{C}$ aushalten.

3. Da der Planartransistor mit SiO_2 bedeckt ist, sollte das Kontaktmaterial gut auf SiO_2 haften².

Da reine Metalle der 2. bzw. 6. Gruppe des periodischen Systems wegen ungünstiger metallurgischer oder chemischer Eigenschaften nicht in Frage kommen, wurde als Kontaktmaterial Silber gewählt, das entsprechend dem Leitfähigkeitstyp des zu kontaktierenden GaAs dotiert wird. Das Aufbringen der Kontakte geschieht durch Aufdampfen. Die Forderung 1 kann durch geeignetes Einstellen der Aufdampfmenge eingehalten werden. Die Legierungstemperatur des Silbers mit dem GaAs beträgt etwa $600\ ^\circ\text{C}$, so daß auch Forderung 2 erfüllt ist. Eine gute Haftung des Silbers auf der SiO_2 -Schicht kann allerdings nur durch Einfügen einer Zwischenschicht aus Chrom erreicht werden.

Im einzelnen bewährte sich zur Kontaktierung des Transistors, eines npn-Transistors, die folgende Methode:

Nachdem die beiden Diffusionsprozesse zur Erzielung der Basis- und Emitterzone durchgeführt worden sind, wird der Transistor mit einer $6000\ \text{\AA}$ starken SiO_2 -Schicht auf pyrolytischem Wege bedeckt.

Auf die SiO_2 -Schicht wird eine Chromschicht von etwa $200\ \text{\AA}$ Dicke aufgedampft. Mittels eines photolithographischen Prozesses wird dann durch subtraktive Ätzung die Form der gewünschten Kontaktstreifen geätzt (Abb. 1). Dabei ist auch an denjenigen Stellen, an denen die eigentlichen Kontakte zum GaAs hergestellt werden sollen, die entsprechende Öffnung in die Chromkontaktstreifen hineingeätzt.

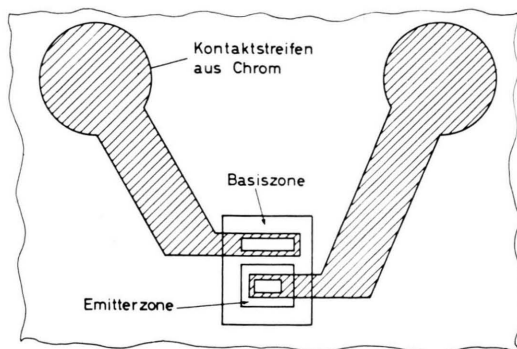


Abb. 1. Form der Kontaktstreifen aus Chrom.

Die Öffnung für den Emitterkontakt beträgt $15 \times 30\ \mu\text{m}^2$, diejenige für den Basiskontakt $15 \times 60\ \mu\text{m}^2$. In einem weiteren photolithographischen Prozeß wird dann nur das Loch für den Emitterkontakt im SiO_2 geöffnet. Es folgt eine Aufdampfung von Silber, dotiert mit 1% Tellur, wobei der Transistor auf einer Temperatur von

$620\ ^\circ\text{C}$ gehalten wird. Das Silber legiert sich dadurch mit dem GaAs während des Aufdampfens. Die Aufdampfmenge ist so bemessen, daß das Silber etwa $0,5\ \mu\text{m}$ tief eindringt. Zur Kontaktierung der Basiszone wird dann das Loch für den Basiskontakt zunächst in der Silberschicht geöffnet und nachfolgend auch in der SiO_2 -Schicht. Als Kontaktmaterial für die p-leitende

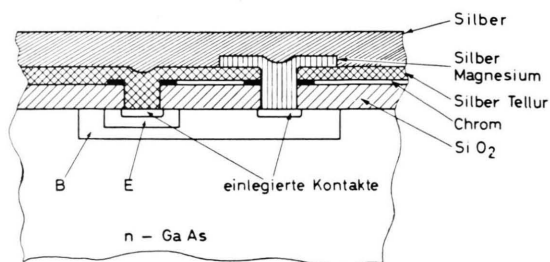


Abb. 2. Schema der aufgedampften Schichtenfolge.

Basiszone verwenden wir Silber, dotiert mit 2% Magnesium, das ebenfalls bei einer Substrattemperatur von $620\ ^\circ\text{C}$ aufgedampft wird. Allerdings ist es jetzt notwendig, den Emitterkontakt durch eine Metallmaske während des Aufdampfens zu schützen. Damit die Kontaktstreifen die notwendige Stärke erhalten, folgt noch eine Aufdampfung von Silber bei $450\ ^\circ\text{C}$ Substrattemperatur über den ganzen Transistor. Durch subtraktive Ätzung werden dann die Kontaktstreifen hergestellt. Abb. 2 zeigt schematisch die Folge der aufgedampften Schichten. Abb. 3 zeigt die Mikrophotographie eines fertig kontaktierten Transistors.

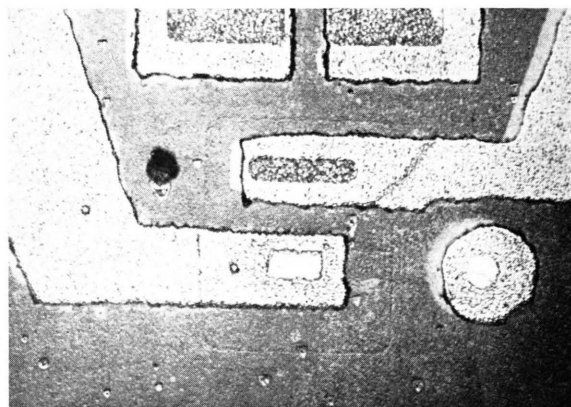


Abb. 3. Mikrophotographie des kontaktierten Transistors (Größe der Basiszone $100 \times 120\ \mu\text{m}^2$, die außerhalb sichtbaren Strukturen dienen zu Justierzwecken).

Der so kontaktierte Transistor läßt sich ohne Schwierigkeiten auf einen Sockel montieren. Die dazu erforderliche Temperatur von $400\ ^\circ\text{C}$ ändert die Eigenschaften der Kontakte nicht. Die Kontakte sind sperrfrei. Genaue Werte der Kontaktwiderstände sind noch nicht bestimmt worden.

² W. v. MÜNCH, Z. Angew. Phys., im Druck.