

Herstellung von Einkristallen der halbleitenden Verbindungen vom Typus A^{III}B^V

Von R. Gremmelmaier und O. Madelung

Forschungslaboratorium der Siemens-Schuckertwerke
A.-G. Erlangen

(Z. Naturforsch. 8a, 333 [1953]; eingeg. am 23. April 1953)

Die Herstellung von Halbleitereinkristallen hat in den letzten Jahren wesentlich an Bedeutung gewonnen. Insbesondere für die elementaren Halbleiter der IV. Gruppe des Periodischen Systems, Germanium und Silicium, wurde das Kyropoulos-Verfahren des Ziehens von Einkristallen aus der Schmelze weiterentwickelt^{1,2}. Mit Hilfe dieses Verfahrens gelang es Teal und Mitarbb., Einkristalle mit kontrollierten physikalischen Eigenschaften, also z. B. p-n- oder p-n-p-Übergänge, herzustellen.

Im Rahmen von Arbeiten an den von Welker³ gefundenen neuen halbleitenden Verbindungen vom Typus A^{III}B^V wurde zunächst die Herstellung von Einkristallen des Indiumantimonids und des Aluminiumantimonids in Angriff genommen. Das InSb besitzt neben seiner einfachen technologischen Handhabung (Schmelzpunkt 523°C) besonderes Interesse wegen seiner extrem hohen Elektronenbeweglichkeit von etwa 38000 cm²/Vsec, das AlSb wegen seiner besonderen Gleichrichtereigenschaften.

Der apparative Aufbau entspricht weitgehend der von Teal benutzten Apparatur. Das Material wird in einem Graphitklotz mit Al₂O₃-Einlegetiegel induktiv geschmolzen und der Kristall mit Hilfe eines Keimes aus der Schmelze gezogen. Als Schutzgas wird Stickstoff oder Argon verwendet. Die Temperatur des Graphittiegels wird selbsttätig geregelt. Die Regeleinrichtung besteht im wesentlichen aus einem Thermoelement, einer Schaltung zur Kompensation des Sollwertes der Thermospannung, einem lichtelektrischen Verstärker und einem zweistufigen Magnetverstärker, der den Eingangsstrom des HF-Generators steuert. Die Temperatur kann damit auf 0,1°C konstant gehalten und gleichzeitig damit ein beliebiges Temperaturprogramm durchgeführt werden. Abb. 1 zeigt ein Blockschaltbild der Regelanlage.

Abb. 2* stellt einen InSb-Einkristall von ca. 5 cm Länge und 1,5 cm Breite dar. Auf seiner Oberfläche sieht man eine Makrofläche, die nach Messungen von

H. Pfister einer niedrig indizierten Gitterebene (111) entspricht. Der Kristall wurde nach Erreichen einer gewünschten Länge von der Schmelze abgehoben. Die völlig ebene Unterseite ist ein Kennzeichen für den homogenen Temperaturgradienten an der Grenzfläche zwischen fester und flüssiger Phase. Die Spitze an der Unterseite rührt von einem Tropfen der Schmelze her, der beim Abnehmen des Kristalls hängen blieb und nachträglich erstarrte.

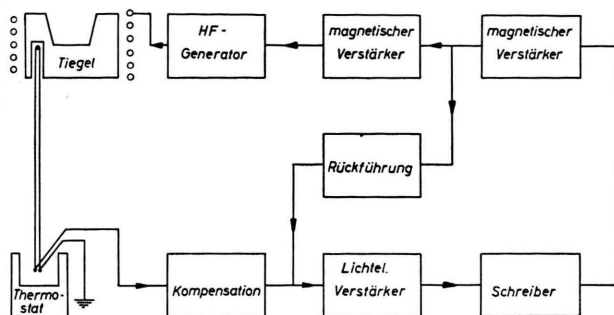


Abb. 1. Blockschaltbild der Temperaturregelung.

Abb. 3* gibt einen AlSb-Stab wieder, der ebenfalls aus der Schmelze gezogen wurde. Hier wurde im Gegensatz zu dem in Abb. 2 gezeigten InSb-Stab ein polykristalliner Keim verwendet. Man erkennt deutlich, daß sich trotz des stark polykristallinen Keimes im Laufe des Ziehvorganges einige Kristallite durchsetzen und der Stab an seinem unteren Teil nur noch aus wenigen Kristalliten besteht.

Beim Ziehen unreiner Substanzen zeigen die Stäbe durch Entmischung der Verunreinigungen einen starken Gang der Leitfähigkeit in der Zugrichtung. An einigen InSb-Stäben wurde dabei ein Umschlag von p-Leitung in n-Leitung beobachtet. Sowohl der Gleichrichtereffekt wie auch die Thermokraft wechselten dort ihr Vorzeichen. Wie bei Silicium² tritt auch bei InSb leicht Zwillingsbildung mit der (111)-Richtung als Zwillingsene auf.

Versuche zur Herstellung von Einkristallen des Galliumantimonids sind zur Zeit im Gange.

Den Herren Prof. Dr. F. Trendelenburg und Dr. H. Welker danken wir für die Anregung zu dieser Arbeit.

¹ G. K. Teal u. J. B. Little, Physic. Rev. 78, 647 [1950]; G. K. Teal, M. Sparks u. E. Buehler, Physic. Rev. 81, 637 [1951]; G. K. Teal u. E. Buehler, Physic. Rev. 87, 190 [1952].

² H. Kleinknecht, Naturwiss. 39, 400 [1952].

³ H. Welker, Z. Naturforsch. 7a, 744 [1952]; 8a, 248 [1953].

* Abb. 2 u. 3, s. Tafel S. 304 a.

