

## Herstellung und einige Eigenschaften von Indiumsulfid-Einkristallen

Von G. SYRBE\* und CH. KLEINT

Physikalisches Institut der Karl-Marx-Universität Leipzig  
(Z. Naturforsch. 14 a, 754 [1959]; eingegangen am 29. Juni 1959)

Durch Umsublimation von Indiumsulfid bei Temperaturen von 1000 bis 1050 °C wurden  $\text{In}_2\text{S}_3$ -Einkristalle hergestellt. Die Substanz befand sich in einem Schiffchen in der heißen Zone eines Pyrolanrohres, das von Schwefelwasserstoff oder Argon durchströmt wurde.

Die nadelförmigen, meist regelmäßig ausgebildeten Kristalle wachsen einzeln oder in Büscheln. Die Länge beträgt mehrere Millimeter. Der Querschnitt hat die Form eines Parallelogramms, dessen Abmessungen zwi-

schen 5 und 30  $\mu$  liegen. Die Kristalle sind durchsichtig und dunkelrot gefärbt.

Die Kontaktierung erfolgte durch Aufschmelzen von Indiumstreifen. Die so präparierten Kristalle ergeben im allgemeinen eine Ohmsche Strom-Spannungs-Charakteristik über mehrere Zehnerpotenzen hinweg. Die Leitfähigkeit ist recht groß und liegt bei Zimmertemperatur meist zwischen 1 und 100  $(\Omega \text{ cm})^{-1}$ . Bei vielen Kristallen ist eine Erhöhung der Leitfähigkeit durch Licht-einstrahlung bemerkbar, jedoch in wesentlich schwächerem Maße als beispielsweise bei CdS.

Über weiterführende Messungen wird der eine von uns (K.) später berichten.

\* Jetzt: Physikalisch-Technisches Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

## Zur Bestimmung von Dotierungsgradienten aus Photo-EMK und Photoleitfähigkeit in Halbleitern

Von M. ZERBST und G. WINSTEL

Aus dem Forschungslaboratorium der Siemens & Halske AG  
(Z. Naturforsch. 14 a, 754—755 [1959]; eingegangen am 17. Juli 1959)

Mit den üblichen Methoden der Leitfähigkeitsmessung (Potentialmessung, Vierspitzenmethode<sup>1</sup>, Hochfrequenzmessung<sup>2</sup>) lassen sich Dotierungsunterschiede in einem Halbleiter nur über größere Probenabschnitte in einfacher Weise messen. Hierbei wird die örtlich variierende Trägerdichte ermittelt, die sich entsprechend dem Verlauf der Dotierung einstellt. Der Gradient der Trägerdichte bestimmt bei dieser Gleichgewichtseinstellung die durch Diffusion der Ladungsträger ausgebildeten örtlichen elektrischen Felder. Diese inneren Felder und damit die Dichtegradienten können nicht direkt gemessen werden. Erzeugt man aber durch eine Belichtung zusätzliche Elektron-Loch-Paare<sup>3</sup>, so werden sie im inneren Feld auseinandergetrieben und bewirken eine dem Feld proportionale Potentialänderung, die als Photo-EMK gemessen werden kann.

Ein Maß für den Gradienten der Trägerdichte ist daher die entstandene Photo-EMK  $U_{12}$ ; diese hängt allerdings bei einem p-Typ-Halbleiter<sup>4</sup> noch von der Trägerdichte  $p_0$  und der zusätzlich erzeugten Ladungsträgerdichte  $\Delta p$  ab:

$$U_{12} = - \frac{kT}{e} (b+1) \int_{x_1}^{x_2} \frac{\Delta p}{p_0^2} \text{grad } p_0 \, dx; \quad (1)$$

( $k$  Boltzmann-Konstante;  $e$  Elementarladung;  $b$  Verhältnis der Beweglichkeiten von Überschuß- und Defektelek-

tronen;  $T$  absolute Temperatur;  $x_1, x_2$  Grenzen des belichteten Bereiches).

Da insbesondere  $\Delta p$  nicht bekannt ist, kann aus der Photo-EMK allein der Dichtegradient nicht ermittelt werden.

Eine Belichtung führt jedoch außerdem zu einer Photoleitfähigkeit, die in gleicher Weise von  $p_0$  und  $\Delta p$  abhängt. Und zwar ergibt sich für die Widerstandsänderung  $\Delta R$  einer Probe mit einem Widerstand  $R$

$$\Delta R = - \frac{b+1}{q e \mu_p} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\Delta p}{p_0^2} \, dx \quad (2)$$

( $q$  Querschnitt der Halbleiterprobe;  $\mu_p$  Beweglichkeit der Defektelektronen).

Für den integralen Mittelwert des Dichtegradienten

$$\overline{\text{grad } p_0} = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\Delta p}{p_0^2} \text{grad } p_0 \, dx \bigg/ \int_{x_1}^{x_2} \frac{\Delta p}{p_0^2} \, dx \quad (3)$$

erhält man nach Elimination von  $p_0$  und  $\Delta p$  mittels Gl. (1) und (2) die Beziehung

$$\overline{\text{grad } p_0} = \frac{1}{e D_p} \frac{U_{12}}{q \Delta R} \quad (4)$$

( $D_p = \frac{kT}{e} \mu_p$  Diffusionskonstante der Defektelektronen), in der neben bekannten physikalischen Größen nur noch Meßwerte vorkommen. Durch geeignete Wahl der Breite des Belichtungsbereiches  $x_1 \dots x_2$  läßt sich nun stets erreichen, daß in ausreichender Näherung gilt

$$\overline{\text{grad } p_0} = \text{grad } p_0. \quad (5)$$

Die zur Bestimmung des Dotierungsgradienten nach Gl. (4) benötigten Meßwerte  $U_{12}$  und  $\Delta R$  können z. B.

<sup>1</sup> A. L. MacDONALD, J. SOLED u. C. A. STEARUS, Rev. Sci. Instrum. 24, 884 [1953].

<sup>2</sup> W. KELLER, Z. angew. Phys., z. Zt. im Druck.

<sup>3</sup> Die erzeugte Zusatzdichte sei klein gegen die Majoritätsträgerdichte  $p_0$  und konstant im belichteten Bereich.

<sup>4</sup> Für einen n-Typ-Halbleiter gelten entsprechende Gleichungen.

