

АНИЗОТРОПИЯ ПЬЕЗОТЕРМОЭДС В n -GaAs

И. Ф. СВИРИДОВ, В. А. ПРЕСНОВ

Теория влияния деформации на термоэлектрические свойства многодолинных полупроводников развита в работах [1, 2] и дополнена Самойловичем с сотрудниками [3—5]. Однако эти работы посвящены изучению анизотропии пьезотермоэДС в Ge и Si , когда градиент температуры и деформирующее усилие совпадали по направлению.

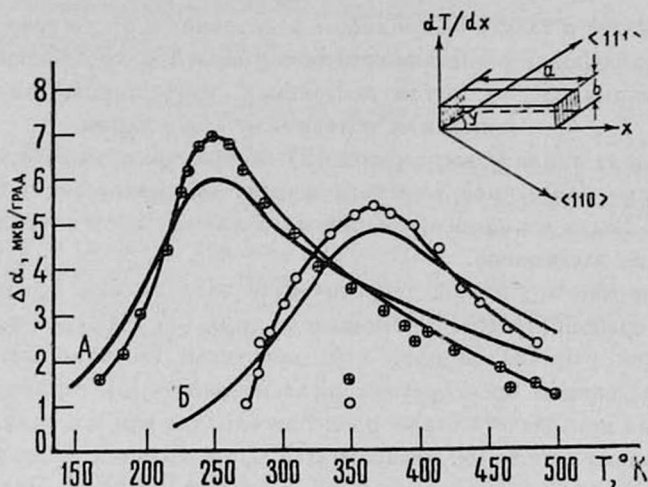
В работе [5] указывается, что если градиент температуры и усилие нагрузки на образец не совпадают по направлению, то в этом образце при сжатии или растяжении возникает поперечная по отношению к тепловому потоку термоэлектродвижущая сила, величина которой пропорциональна анизотропии пьезотермоэДС. В литературе мы не встречали работ ни теоретического, ни экспериментального характера по изучению анизотропии пьезотермоэДС в n -GaAs, когда тепловой поток не совпадает с направлением деформации.

Настоящая работа посвящена экспериментальному изучению анизотропии пьезотермоэДС в интервале 150 — $500^\circ K$ на основе исследования поперечной пьезотермоэДС. Объектом исследования были образцы n -GaAs. Концентрация в исходном материале составляла $1,9 \cdot 10^{14}$ — $6,2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Удельное сопротивление в этих образцах соответственно было равно $4,5 \cdot 10^6$ и $1,2 \cdot 10^5 \text{ ом см}$. Измерение поперечной пьезотермоэДС осуществлялось на установке, аналогичной ранее описанной в работе [4]. Образцы изготавливались в форме прямоугольных параллелепипедов с размерами $a \times b \times c = 12,0 \times 2,5 \times 1,4 \text{ мм}^3$ и подвергались одноосной однородной деформации (сжатию) до 10^8 дин/см^2 . Ориентация образцов была $[111]$, $[110]$ и $[100]$.

На рисунке приведены экспериментальные результаты температурной зависимости пьезотермоэДС для двух из исследованных образцов арсенида галлия n -типа проводимости. Как видно из рисунка, с ростом температуры $\Delta\alpha = f(T)$ возрастает, достигает максимума и убывает с дальнейшим повышением температуры. Из сравнения температурных зависимостей $\Delta\alpha = f(T)$ для наших образцов видно, что максимум пьезотермоэДС как функция от температуры зависит от степени легирования исходного материала. Так, например, $\Delta\alpha = f(T)$ для образцов с концентрацией электронов 10^{14} см^{-3} достигает максимума при более низких температурах, чем в образцах арсенида галлия с $n = 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Максимум температурной зависимости пьезотермоэДС для образцов с $n = 10^{15} \text{ см}^{-3}$ смещается в область высоких температур по сравнению с образцами с концентрацией электронов 10^{14} см^{-3} .

Для анализа результатов мы воспользовались известной формулой для анизотропии пьезотермоэДС [5]

$$\Delta\alpha = V^{-1} b/a \Delta T, \quad (1)$$



Зависимость пьезотермоэдс $\Delta\alpha$ для образцов n -GaAs от температуры: $\oplus$ — концентрация электронов $n = 1,9 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $\circ$ — $n = 6,2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Сплошные линии — теоретические зависимости, найденные по формуле (1): А — для $n = 1,9 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, Б — для $n = 6,2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

где ΔT — разность температур на образце, $V^\perp$ — поперечная термоэдс, которая определяется выражением

$$V^\perp = \frac{8eNa\Delta Tz}{27\sigma^2b} (\mu^\perp - \mu^\parallel) \left[\frac{k}{e} (\sigma + \alpha) \right] C_{22}S_{44}f(\varphi), \quad (2)$$

$$f(\varphi) = \frac{1}{2} \sin \varphi [\sqrt{2} \sin \varphi (3 - 4 \sin^2 \varphi) + \cos \varphi (4 - 7 \sin^2 \varphi)],$$

$$\sigma = \sigma_0 + eN(\mu^\perp - \mu^\parallel), \quad N = \frac{N_0 e^{\frac{\Delta\eta - \delta E(1)}{kT}}}{e^{-\delta E(2)}},$$

$$\alpha = \frac{K}{e} \left\{ 2 - \ln \left[4,85 \cdot 10^{15} \frac{1}{N_0} T^{3/2} \left(\frac{m^\parallel m^\perp}{m^*{}^3} \right)^{1/2} \right] \right\},$$

$$\delta E(1) = \left[(3\Xi_d + \Xi_u) \frac{S_{11} + S_{12}}{3} + \frac{2}{3} \Xi_u S_{44} \right] z,$$

$$\delta E(2) = \left[(3\Xi_d + \Xi_u) \frac{S_{11} + S_{12}}{3} - \frac{2}{9} \Xi_u S_{44} \right] z,$$

где

$$m^* = 0,065 m_0 [6, 7],$$

$$\frac{m^\parallel}{m^\perp} = \frac{\mu^\perp}{\mu^\parallel} = 10, \quad m^\parallel = 2,3 m_0, \quad m^\perp = 0,23 m_0 [7],$$

N_0 — число носителей в каждом минимуме до деформации, $\mu^\perp$, $\mu^\parallel$, $m^\perp$, $m^\parallel$ — внутриминимумные подвижности и их эффективные массы,

α , σ_0 —термоэдс и электропроводность электронов в отсутствие деформации, e —заряд электрона, k —постоянная Больцмана, C_{22} —компонента потенциала деформации, S_{ij} —упругая постоянная, κ —величина деформирующей нагрузки, Ξ_d , Ξ_n —константы потенциала деформации.

На основе анализа выражения (2) можно предположить, что величина максимума поперечной термоэдс зависит от количества электронов, которые переходят из одного минимума в другой, и от внутриминимной подвижности электронов.

На рисунке приведены теоретические зависимости (сплошные линии А, Б), которые построены с помощью формул (1) и (2). При расчете этих зависимостей учитывался один сорт носителей (электроны). Межминимумным рассеянием пренебрегали согласно работе [6]. Эффектом фононного увлечения при расчете также пренебрегали, так как его вклад в пьезотермоэдс, согласно работе [8], незначителен. При расчетах были приняты следующие значения параметров: $\varphi = 35^\circ$, $a/b = 8$, $\Delta T = 10^\circ\text{C}$. Вклад дырок в рассчитанные кривые (А, Б) мал, так как подвижность электронов на порядок выше, а, следовательно, вклад дырок в общую электропроводность будет незначителен.

Как видно из рисунка, отклонение экспериментальных и теоретических зависимостей $\Delta\alpha = V \pm b/\Delta T a$ не превышает 10%, что находится в пределах погрешности измерений.

Одесский государственный университет
им. И. И. Мечникова

Поступила 25.XII.1973

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. J. R. Drabble, R. D. Groves. J. Phys. Chem. Sol., 12, 285 (1960).
2. J. R. Drabble. J. Electron. Control, 5, 362 (1958).
3. A. G. Samoilovich, M. V. Nitsovich, V. M. Nitsovich. Phys. Stat. Sol., 16, 459 (1966).
4. Л. И. Анатычук, В. Д. Искра, П. П. Попович. ФТП, 3, 1458 (1969).
5. Л. И. Анатычук, М. В. Ницович, В. Б. Моляр. ФТП, 5, 1845 (1971).
6. И. Ф. Свиридов, В. А. Преснов. Изв. АН АрмССР, Физика, 7, 426 (1972).
7. V. K. Bashenov. Phys. Stat. Sol. (b), 59, K93 (1973).
8. О. В. Емельяненко, В. А. Скрипкин, В. А. Попова. ФТП, 7, 981 (1973).

ՊՅԵԶՈՒԼԵԿՏՐԱՇԱՐԺ ՈՒԺԻ ԱՆԻՋՈՏՐՈՊԻԱՆ n-GaAs-ում

Ի. Ֆ. ՍՎԻՐԻԴՈՎ, Վ. Ա. ՊՐԵՍՆՈՎ

Աշխատանքում ուսումնասիրվում է պլեզոէլեկտրաշարժ ուժի անիզոտրոպիան n-GaAs-ում 150—500°K ջերմաստիճանային միջակայքում, երբ հոսանքակիրների կոնցենտրացիան $1.9 \cdot 10^{14} \div 6.2 \cdot 10^{15}$ սմ⁻³ է:

PIEZOTHERMAL EMF ANISOTROPY IN $n\text{-GaAs}$

I. F. SVIRIDOV, V. A. PRESNOV

Piezothermal EMF anisotropy of $n\text{-GaAs}$ with the concentration of current carriers equal to $1.9 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ over the range from 150 to 500°K was studied on the basis of the data on transversal piezothermal EMF. The value of piezothermal EMF anisotropy was found to depend on the number of electrons in two minima, on the anisotropy of mobility as well as on doping concentration of the host crystal. The piezothermal EMF decreased with the increase of temperature. Theory and experiment coincide within the measurement errors.