

ТЕНЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОБРАЗЦОВ  $p$ -GaAs

И. Ф. СВЯРИДОВ

Рассмотрено влияние деформации и степени легирования на природу пьезоэффекта в образцах GaAs  $p$ -типа проводимости.

Объектом исследования были образцы арсенида галлия  $p$ -типа проводимости с удельным сопротивлением  $0,4\text{--}0,0035\text{ Ом см}$ . При последующей шлифовке образцы доводились до размеров  $7 \times 0,5 \times 0,05\text{ мм}^3$ . В качестве выводов служила медная проволока диаметром  $0,2\text{ мм}$ . Омические контакты создавались сплавлением In с добавлением 5% Zn. Деформация создавалась по методике, аналогичной описанной в [1].

При исследовании температурных зависимостей все устройство помещалось в термостат, позволяющий получить любую температуру в интервале от  $-200$  до  $300^\circ\text{C}$ . Неравномерность теплового поля внутри термостата в зоне расположения тензодатчиков не превышала  $2^\circ$ .

Измерения тензоэффекта в образцах  $p$ -GaAs показали, что все характеристики кристаллов при давлении, в основном, связаны с изменением сопротивления под воздействием различных факторов. Особенно важной характеристикой является изменение сопротивления под действием деформации и температуры. Тензочувствительность каждого образца есть результат косвенных измерений и является функцией многих параметров. Таковыми параметрами являются: тип проводимости и уровень легирования материала, уровень деформации. Поэтому даже при исследовании образцов из материала одного происхождения можно говорить лишь о средней величине коэффициента тензочувствительности.

Коэффициент тензочувствительности для каждого образца определялся для нескольких уровней деформации (не менее 4) и лежал в диапазоне от  $10^{-1}$  до  $1,5 \cdot 10^{-3}$  отн. единиц. На рис. 1, 2 показаны усредненные зависимости сопротивления от давления для образцов  $p$ -GaAs с удельным сопротивлением  $0,4\text{ Ом см}$  и  $0,0035\text{ Ом см}$  в интервале температур от  $200$  до  $-198^\circ\text{C}$ . Характеристики для других образцов с удельным сопротивлением  $0,0075$  и  $0,0055\text{ Ом см}$  не приводятся, так как они аналогичны характеристикам кристаллов с  $\rho = 0,0035\text{ Ом см}$  и отличаются лишь величиной тангенса угла наклона.

Из рисунков видно, что деформационная характеристика образцов с  $\rho = 0,4\text{ Ом см}$  и  $\rho = 0,0035\text{ Ом см}$  во всем указанном температурном диапазоне строго линейна. Область линейности распространялась для уровней деформации вплоть до  $1,4 \cdot 10^{-3}$  отн. единиц. Разница в значениях полученных результатов для деформации сжатия и растяжения не наблюдалась.

Нелинейность деформационных характеристик наклеенных кристаллов из  $p$ -GaAs появляется лишь при азотных температурах (см. рис. 2) и при удельном сопротивлении более чем  $0,1\text{ Ом см}$ . На величину нелинейности

приклеенного образца помимо степеней вырождения, температуры и типа механизма рассеяния влияет еще целый ряд факторов, а именно: остаточная деформация, наклейка, термообработка и начальная температура [2].

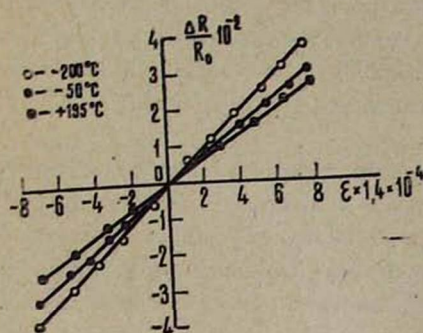


Рис. 1.

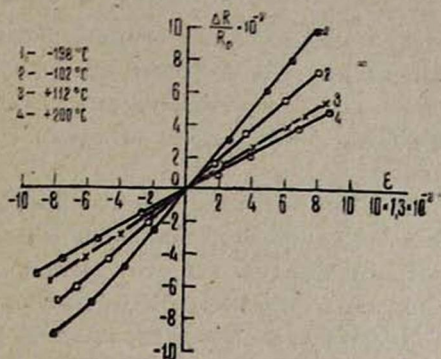


Рис. 2.

Рис. 1. Зависимость сопротивления  $\Delta R/R_0$  от нагрузки  $\chi$  для образцов  $p$ -GaAs ( $\rho = 0,0035$  Ом см).

Рис. 2. Зависимость сопротивления  $\Delta R/R_0$  от усилия  $\chi$  для образцов  $p$ -GaAs ( $\rho = 0,4$  Ом см).

Экспериментальные результаты по влиянию толщины кристалла на коэффициент тензочувствительности изображены на рис. 3 при статической нагрузке с  $\rho = 0,0035$  Ом см. Из рисунка видно, что рост толщины образца вызывает монотонное уменьшение коэффициента тензочувствительности.

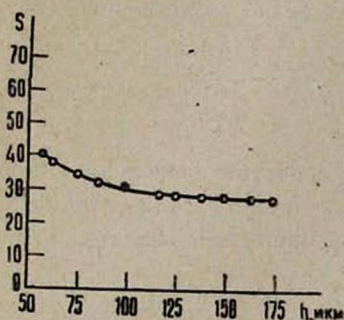


Рис. 3.

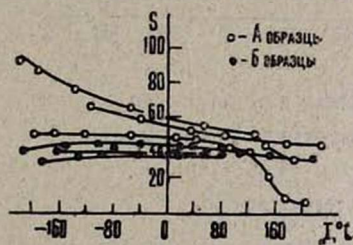


Рис. 4.

Рис. 3. Зависимость коэффициента тензочувствительности  $S$  от толщины  $h$  образцов  $p$ -GaAs.

Рис. 4. Зависимость коэффициента тензочувствительности  $S$  от температуры для приклеенных (А) и не приклеенных (Б) образцов  $p$ -GaAs.

Ход экспериментальных кривых зависимости коэффициента тензочувствительности от температуры подтверждает теоретические результаты и опытные данные по пьезорезистивному эффекту [1]. На рис. 4 приведены эти зависимости для приклеенных и не приклеенных образцов при растяжении и сжатии. Коэффициент тензочувствительности не приклеенных кри-

сталлов находился с помощью констант пьезосопротивления из выражения

$$S_n = \frac{\Delta R}{R_0 \varepsilon} = 1 + 2\sigma + P_{\langle 111 \rangle} Y_{\langle 111 \rangle}, \quad (1)$$

где  $R_0$  — сопротивление ненаклеенного образца,  $\Delta R$  — изменение сопротивления, вызванное деформацией,  $\varepsilon$  — продольная относительная деформация,  $\sigma$  — коэффициент Пуассона, равный 0,29 [3],  $Y$  — модуль Юнга в направлении  $\langle 111 \rangle$ , рассчитанный согласно [4] и равный  $1,43 \cdot 10^{12}$  дин/см<sup>2</sup>.

Анализ (1) показал, что коэффициент тензочувствительности наклеенных кристаллов несколько меньше, чем у ненаклеенных (см. рис. 4). Из рисунка видно, что этот вывод, следующий из расчетных данных, выполняется во всем интервале температур. Резкое уменьшение  $S$  для образцов  $p$ -GaAs при температурах выше 120°C связано исключительно со свойствами адгезива [5].

Для оценки влияния степени легирования на коэффициент тензочувствительности нами были проведены измерения на серии образцов арсенида галлия  $p$ -типа проводимости с различным содержанием примеси от  $6,2 \cdot 10^{19}$  до  $1,3 \cdot 10^{16}$  см<sup>-3</sup>. Изменение коэффициента тензочувствительности от уровня легирования показано на рис. 5. Из рисунка видно, что ко-

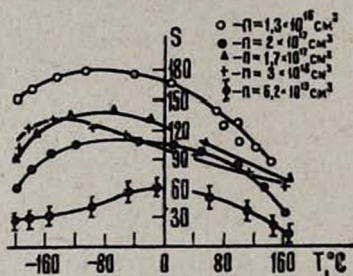


Рис. 5. Зависимость коэффициента тензочувствительности  $S$  от уровня легирования образцов  $p$ -GaAs.

эффициент тензочувствительности убывает с ростом содержания примеси, но температурная стабильность при этом возрастает весьма заметно. Отметим, что с уменьшением уровня легирования минимум смещается в область низких температур.

Одесский электротехнический  
институт связи им. А. С. Попова

Поступила 10.I.1978

## ЛИТЕРАТУРА

1. И. Ф. Свиридов. Кандидатская диссертация, ОГУ, Одесса, 1973.
2. И. Ф. Свиридов, В. А. Преснов. Изв. АН СССР, сер. Неорганические материалы, 12, 330 (1976).
3. Н. А. Горюнова. Химия алмазоподобных полупроводников, Л., 1963.
4. Т. В. Batenan, Н. J. McSki, J. M. Whelan. J. Appl. Phys., 30, 544 (1959).
5. Т. Н. Молдавер и др. Сб. Физика полупроводников, НЭТИ, Новосибирск, 1969.

$p$ -GaAs-ի նՄՈՒՇՆԵՐԻ ՏԵՆԶՈԶԴԱՅՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ի. Ֆ. ՍՎԻՐԻԴՈՎ

Աշխատանքում դիտարկված է  $p$ -GaAs նմուշների դեֆորմացիայի և լեգիրացման աստիճանի ազդեցությունը տենզոզգայնության գործակցի վրա ջերմաստիճանի— $200 \div 300^\circ\text{C}$  տիրույթում: Ցույց է տրված, որ տենզոէֆեկտի փոփոխությունը  $p$ -GaAs բուրեղներում հիմնականում կապված է դիմազրության փոփոխման հետ:

STRAIN SENSITIVITY OF  $p$ -GaAs SAMPLES

I. F. SVIRIDOV

The influence of deforming force and the degree of alloying on the coefficient of strain sensitivity in  $p$ -GaAs samples in the temperature interval from 200 to  $300^\circ\text{C}$  was observed. The temperature variation of strain sensitivity in the crystalline substance  $p$ -GaAs is mainly connected with the variation of resistance. Apart from the degree of degeneracy, the temperature and the type of dispersion mechanism a number of other factors has an influence on the value of non-linearity of the samples. These factors are: the residual deformation, the pasting, the thermal treatment and the initial temperature.