

ности материала; 4) неоднородность должна уменьшаться с увеличением диаметра слитка вследствие увеличения расстояний между областями, обменивающимися собственными точечными дефектами.

Л и т е р а т у р а

- [1] Blunt R. T., Clark S., Stirland D. J. — IEEE Trans. Electron. Dev., 1982, v. 29, N 7, p. 1039—1044.
- [2] Brosel M. R., Grant I., Ware R. M., Stirland D. J. — Appl. Phys. Lett., 1983, v. 42, N 7, p. 610—612.
- [3] Holmes D. E., Chen R. T. — J. Appl. Phys., 1984, v. 55, N 10, p. 3588—3594.
- [4] Марков А. В., Морозов А. Н. — ФТП, 1986, т. 20, в. 1, с. 154—157.
- [5] Марков А. В., Мильвидский М. Г., Освенский В. Б. — ФТП, 1986, т. 20, в. 4, с. 634—640.
- [6] Martin G. M., Jacob G., Poiblaud G., Goltzene A., Schwab C. — Inst. Phys. Conf. Ser. N 59, 1981, Chapt. 6, p. 281—286.
- [7] Юрова Е. С., Юрьева И. М., Рытова Н. С., Освенский В. Б., Гришина С. П., Биберин В. И. — Электрон. техн., Материалы, 1985, № 4 (203), с. 34—38.

Государственный научно-исследовательский
и проектный институт
редкометаллической промышленности
Москва

Получено 26.02.1988
Принято к печати 11.04.1988

ФТП, том 22, вып. 9, 1988

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРА АНИЗОТРОПИИ ПОДВИЖНОСТИ В *n*-Si

Федосов А. В., Тимошук В. С., Ящивский Л. В.

На основании результатов измерения продольного пьезосопротивления кристаллов *n*-Ge при одноосной упругой деформации вдоль направления [111] можно определить значение параметра анизотропии подвижности (*K*) в широком интервале концентраций донорной примеси [1]. Для этого достаточно достигнуть условия полного переселения электронов в опускающийся при деформации минимум и воспользоваться соотношением [2]

$$K = \frac{3}{2} \frac{\rho_{\infty}}{\rho_0} - \frac{1}{2}, \quad (1)$$

где ρ_{∞} — значение удельного сопротивления в области насыщения $\rho = f(X)$. Это же соотношение позволяет с высокой точностью определять по данным продольного пьезосопротивления для случая $X \parallel J \parallel [100]$ значение параметра *K* в *n*-Si при условии доминирующего рассеяния на акустических колебаниях. Вместе с тем, как показано в работе [3], в отличие от *n*-Ge при использовании соотношения (1) для *n*-Si появляются ограничения, и поэтому для определения *K* в подобных случаях экспериментальные данные по продольному пьезосопротивлению необходимо дополнять результатами измерений поперечного пьезосопротивления.

В настоящей работе значение *K* для кристаллов *n*-Si (с двумя разными концентрациями донорной примеси) определяли двумя способами: по соотношению (1), а также по значениям продольного ($\rho_{\infty}^{\parallel}$) и поперечного (ρ_{∞}^{\perp}) пьезосопротивлений в области насыщения $\rho = f(X)$ для случая $X \parallel [100]$

$$K = \rho_{\infty}^{\parallel} / \rho_{\infty}^{\perp}. \quad (2)$$

На рисунке приведены зависимости продольного (кривые 1, 2) и поперечного (кривые 1', 2') пьезосопротивлений, полученные при $T = 78$ К на образцах *n*-Si с концентрациями примеси фосфора $N_D = 2.4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ (зависимости 1, 1') и $N_D = 2.3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ (зависимости 2, 2'). Значения *K*, найденные для кристалла с кон-

центрацией примеси $2.4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ на основании формул (1) и (2), в пределах точности эксперимента оказались практически совпадающими ($K=5.1 \pm 0.07$).

Для кристалла с концентрацией примеси $2.3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ значения $K=3.5$ [согласно (1)] и $K=3.95$ [согласно (2)] уже существенно различаются. Это связано с тем, что при концентрациях примеси $N_d > 10^{15} \text{ см}^{-3}$ в кристаллах кремния [4] вследствие уширения спектра примесных состояний примесь фосфора оказывается при $T=78 \text{ К}$ не полностью ионизированной. Для кристалла с $N_d = 2.3 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ на рисунке, а (кривая 2₀) приведена температурная зависимость концентрации носителей тока в отсутствие деформации ($X=0$). С приложением механического напряжения $X \parallel [100]$ на величину удельного сопротивления в таком (достаточно сильно легированном) кристалле будет влиять не только перераспределение носителей тока между опускающимися и поднимающимися долинами, но и увеличение общей концентрации электронов в зоне проводимости, возникающее из-за деформационного снижения энергии ионизации примеси при такой ориентации оси деформации [5, 6], о чем свидетельствуют и вид кривых 2₀ и 2_X (см. рисунок, а).

Таким образом, показано, что в кристаллах *n*-Si значение параметра анизотропии подвижности для электронов при малых концентрациях донорной примеси (т. е. в условиях преобладающего рассеяния на акустических фоновых при $T=78 \text{ К}$) можно надежно определять по данным одного лишь продольного пьезосопротивления, а при концентрациях легирующей примеси, обеспечивающей смешанное рассеяние, для корректного определения параметра K (исключающего деформационную зависимость степени ионизации примесных центров) необходимы измерения как продольного, так и поперечного пьезосопротивлений в области насыщений.

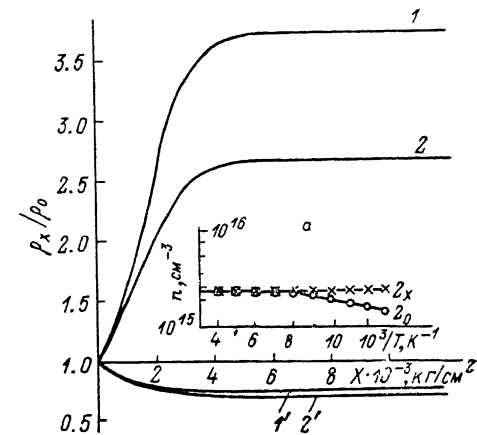
Авторы выражают глубокую благодарность П. И. Баранскому и В. В. Коломоюцу за полезные обсуждения результатов и интерес к работе.

Л и т е р а т у р а

- [1] Баранский П. И., Буда И. С., Даховский И. В., Коломоец В. В., Самойлович А. Г. — ФТП, 1974, т. 8, в. 5, с. 984—986.
- [2] Baranskii P. I., Kolomoets V. V. — Phys. St. Sol., 1970, v. 42, N 2, p. K113—K117.
- [3] Баранский П. И., Коломоец В. В., Федосов А. В. — ФТП, 1981, т. 15, в. 4, с. 698—701.
- [4] Li S. S., Thurber W. R. — Sol. St. Electron., 1977, v. 20, p. 609.
- [5] Баранский П. И., Коломоец В. В., Охрименко Ю. А., Федосов А. В. — ФТП, 1982, т. 16, в. 2, с. 361—364.
- [6] Belyaev A. E., Vinetskii R. M., Corodnichii O. P. — Sol. St. Commun., 1982, v. 44, N 3, p. 403—406.

Львовский политехнический институт
им. Ленинского комсомола
Луцкий филиал

Получено 14.03.1988
Принято к печати 11.04.1988



Зависимость $\rho_X/\rho_0=f_X(X)$ при $T=78 \text{ К}$.
1, 2 — $X \parallel J \parallel [100]$; 1', 2' — $[100] \parallel X \perp J$. а —
зависимость $n=f(10^3/T)$. X: 2₀ — 0, 2_X —
12 000 кг/см².