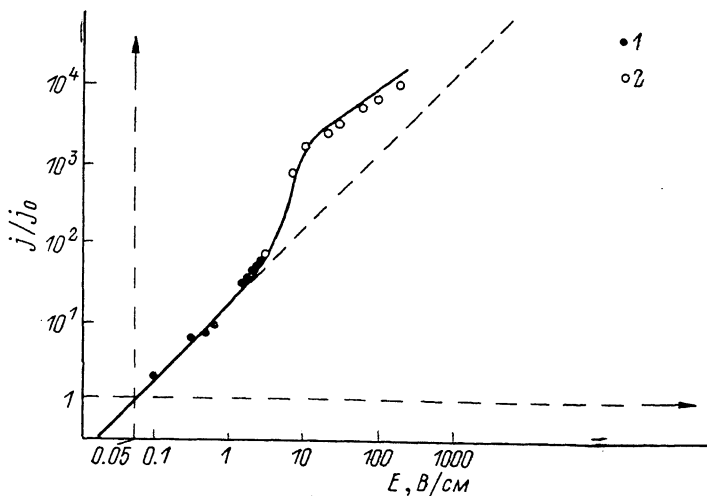


где величина δ_0 играет роль энергии связи. $\gamma = 2kT/mv^2$, $\chi = \varepsilon/kT$ (ε — кинетическая энергия электрона, m — его эффективная масса).

При вычислении коэффициента ударной ионизации пользуемся выражением для сечения ионизации [8]

$$\sigma_I(\chi) = 2.66\tau_0 I \frac{(\chi - I)}{\chi^2} \ln\left(\frac{1.25\chi}{I}\right), \quad \sigma_0 = 5.03 \cdot 10^{-13} \text{ см}^2, \quad (4)$$

где $I = \varepsilon_i/kT$ (ε_i — энергия ионизации, kT — тепловая энергия).



Зависимости нормированной плотности тока j/j_0 от напряженности электрического поля E . $T = 9.62 \text{ К}$, $n\text{-Ge}$, № 45-2а [4]. Сплошная кривая — экспериментальная, штриховая — закон Ома. 1, 2 — теория для теплых ($\alpha \ll 1$) (1) и сильно разогретых ($\alpha \gg 1$) (2) электронов.

Результаты, полученные на ЭВМ, представлены на рисунке. Здесь же приводятся теоретические значения, полученные в [1] для теплых ($\alpha \ll 1$) и умеренно разогретых ($\alpha \sim 1$) электронов. Как видно из рисунка, только последние три точки отклоняются от экспериментальных на $\approx 2.5\%$. Очевидно, что представленная теоретическая схема хорошо описывает экспериментальные результаты работы [4].

Список литературы

- [1] Джабер А. М., Качлишвили З. С. // Тр. Тбилис. ун-та. Сер. физ. 1988. Т. 282. В. 26.
- [2] Абакумов В. Н., Ясиевич И. Н. // ЖЭТФ. 1976. Т. 71. В. 2 (8). С. 557—664.
- [3] Гегечкори Т. О., Джакели В. Г., Качлишвили З. С. // Сообщ. АН ГССР. 1981. Т. 103. В. 3. С. 565—567.
- [4] Koenig S. H., Brown R. D., Schillinger W. // Phys. Rev. 1962. V. 128. N 4. P. 1668—1696.
- [5] Качлишвили З. С. // ФТП. 1968. Т. 2. В. 4. С. 580—584.
- [6] Качлишвили З. С., Хизанишвили Э. Г. // ФТП. 1988. Т. 22. В. 8. С. 1507—1509.

Тбилисский
государственный университет

Получено 23.01.1989
Принято к печати 17.03.1989

ФТП, том 23, вып. 8, 1989

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ИНВЕРСИЯ ФЛУКТУАЦИЙ ТОКА

Дорин В. А., Лаврентьев А. А., Савицкий О. Г.

Флуктуации тока в структуре селенид кадмия—селен связаны с термополе-вой ионизацией глубоких примесных центров при ее электрическом смещении в обратном направлении, большем порогового напряжения. При указанных

условиях данная структура характеризуется температурной инверсией тока [1]. Аналогичное явление было обнаружено при регистрации токовых флуктуаций в этой структуре. Исследование токовых шумов проделано при частотах, больших 10 кГц, т. е. в той области частот, в которой имеют место генерационные шумы. В работе произведен анализ спектральной плотности флуктуаций (СПФ) тока генерационных шумов.

Исследованные структуры состояли из слоя селенида кадмия толщиной < 1 мкм и слоя поликристаллического селена толщиной ~ 50 мкм. Концентрация мелких примесных центров в слоях $\sim 10^{16}$ см $^{-3}$, пороговое напряжение, при котором слой селенида кадмия полностью переходил в обедненное электроны состояние, ~ 5 В. Омический контакт с селеном не давал дополнительных шумов.

Исследование эффекта инверсии флуктуаций тока проводилось в диапазоне температур от 210 до 390 К. Температура инверсии флуктуаций тока у различ-

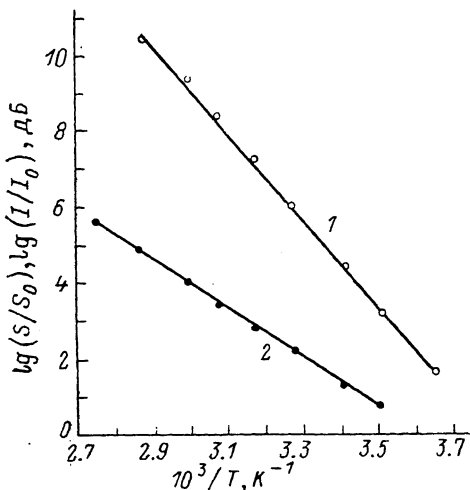


Рис. 1. Температурные зависимости СПФ тока и тока, вызвавшего эти флуктуации, при температурах, больших температуры инверсии.

S_0 и I_0 — соответственно СПФ тока и ток при температуре инверсии. 1 — $\lg(S/S_0) = f(1/T)$, 2 — $\lg(I/I_0) = f(1/T)$.

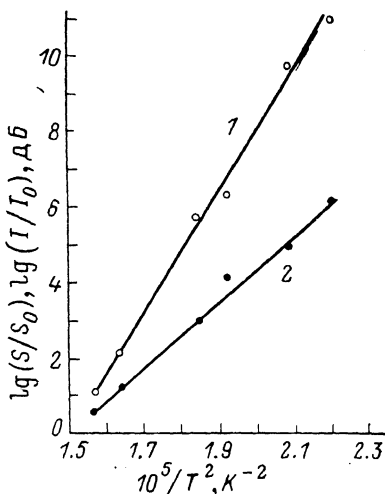


Рис. 2. Температурные зависимости СПФ тока и тока, вызвавшего эти флуктуации, при температурах, меньших температуры инверсии.

S_0 и I_0 — соответственно СПФ тока и ток при температуре инверсии. 1 — $\lg(S/S_0) = f(1/T^2)$, 2 — $\lg(I/I_0) = f(1/T^2)$.

ных структур оказалась в интервале от 240 до 270 К при напряжении смещения 5 В. При этих же температурах у данных структур наблюдалась инверсия тока.

Флуктуации тока возрастали с ростом температуры в области температур, больших температуры инверсии. На рис. 1 приведена экспериментальная зависимость $\lg(S/S_0) = f(1/T)$ (прямая 1) в полулогарифмических координатах, полученная при частоте 45 кГц, S — СПФ обратного тока, S_0 — СПФ обратного тока при температуре инверсии, T — температура. У структуры, для которой приведена экспериментальная информация, $S_0 = 1.1 \cdot 10^{-24}$ А 2 /Гц.

При исследовании токовых флуктуаций в области температур, меньших температуры инверсии, обнаружено также возрастание СПФ тока, но при понижении температуры, причем с другим характером зависимости от температуры. На рис. 2 в полулогарифмических координатах приведена экспериментальная зависимость $\lg(S/S_0) = f(1/T^2)$ (прямая 1), полученная при той же частоте. Температура инверсии была 263 К.

Наличие таких закономерностей у СПФ тока можно объяснить, исходя из механизма формирования этих флуктуаций за счет термополевой ионизации. В работе [2] показано, что множитель выражения для обратного тока, зависящий от температуры, определяется экспонентой $\exp\{-[\epsilon\varphi - B(T)U^n]/kT\}$, где $B(T)$ — параметр, зависящий от температуры, U — напряжение, смещающее

структуру в обратном направлении, φ — энергия активации глубокого примесного центра, n — константа, которая варьируется от 0.25 до 0.5 ($e=1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл и $k=1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К).

На обоих рисунках приведены также температурные зависимости обратного тока (ток инверсии $I_0=57$ мкА). Можно видеть, что СПФ тока и обратный ток I через нее связаны квадратичной зависимостью в достаточно широком интервале температур. Этот результат совпадает с результатом, приведенным в работе [3] для аналогичной структуры, но относящимся к одной температуре. СПФ тока определяется экспонентой, подобной той, которая приведена выше для обратного тока (в показателе экспоненты появляется множитель 2). При фиксированном напряжении ($U=\text{const}$) в одном случае экспонента принимает вид $\exp(-2e\varphi/kT)$, если $e\varphi \gg B(T)U^n$, а в другом — $\exp(2\beta U^n/kT^2)$, если $e\varphi \ll B(T)U^n$, причем $B(T)=\beta/T$, где β — некоторая константа. Таким образом, получают объяснение наблюдаемые зависимости СПФ обратного тока при температурах, больших и меньших температуры инверсии. Наличие температурной инверсии СПФ тока следует также и из приведенных выше выражений, так как экспонента при $e\varphi T_n = \beta U^n$ (T_n — температура инверсии) принимает значение, равное единице. Это означает, что СПФ тока минимальна. В показателе экспонент имеют место разные знаки, что также объясняет различные по знаку наклоны прямых на рисунках.

Из данных температурной ветви для температур, больших температуры инверсии, можно определить энергию активации глубокого примесного центра, ответственного за токовые флуктуации. Эта энергия у глубоких центров в структуре, для которой приведена экспериментальная информация, равна ~ 0.9 эВ. Экспериментально установлено, что температура инверсии СПФ тока зависит от смещающего напряжения, причем с увеличением этого напряжения наблюдается ее рост. Это также следует из последнего приведенного выше выражения.

Список литературы

- [1] Фистуль В. И., Оржевский О. Б. // ФТТ. 1961. Т. 3. В. 4. С. 1158—1160.
- [2] Фистуль В. И., Оржевский О. Б. // ФТТ. 1960. Т. 2. В. 9. С. 2214—2217.
- [3] Дорня В. А., Савицкий О. Г. // ФТП. 1979. Т. 13. В. 2. С. 404—406.

Ленинградский политехнический институт
им. М. И. Калинина

Получено 2.12.1988
Принято к печати 20.03.1989

ФТП, том 23, вып. 8, 1989

ГЛУБОКИЕ УРОВНИ В n -Si, ВВОДИМЫЕ ПРИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ГАЗОВОМ ТРАВЛЕНИИ

Омельяновская Н. М., Итальянцев А. Г., Краснобаев Л. Я.,
Мордкович В. Н., Астахова Е. Ф.

В [1-3] показано, что высокотемпературное газовое травление монокристаллического кремния приводит к модификации свойств кристалла. Например, после данного процесса наблюдается аннигиляция собственных дефектов внедренного типа (полных и частичных дислокационных петель) [1], изменяются динамика отжига ионно-имплантированных слоев, степень активации внедренной примеси и ее диффузия [2, 3]. Совокупность перечисленных эффектов можно объяснить, предположив, что высокотемпературное газовое травление приводит к изменению спектра дефектов в приповерхностной области кристалла.

Высокотемпературная обработка монокристаллического кремния в атмосфере различных газов часто сопровождается генерацией разнообразных дефектов в объеме полупроводника. Образование дефектов может повлечь за собой