

Влияние интенсивности облучения на эффективность введения радиационных дефектов в кристаллах Si *n*- и *p*-типа

© Т.А. Пагава, З.В. Башелеишвили

Грузинский технический университет,
380075 Тбилиси, Грузия

(Получена 14 сентября 1998 г. Принята к печати 8 октября 1998 г.)

Исследовалось влияние плотности потока электронов (φ) на эффективность введения радиационных дефектов (η) в образцах Si *n*- и *p*-типа. Показано, что приложение электрического поля к образцу в процессе облучения влияет на зависимость $\varphi(\eta)$ только в кристаллах Si *n*-типа, что объясняется зарядовым состоянием пар Френкеля в момент образования при низких энергиях облучения.

До настоящего времени не установлена причина влияния интенсивности потока облучения (φ) на эффективность введения радиационных дефектов (η). Авторы опубликованных исследований монокристаллов кремния и германия, облученных быстрыми электронами или γ -квантами, обнаруживали или не обнаруживали существование такого влияния. В работе [1] показано, что η_A , η_E и η_{V_2} в *n*-кремнии изменяются немонотонно. Авторы работы [2] считают, что причиной наблюдаемых закономерностей является влияние φ на скорость аннигиляции первичных дефектов, а не на вторичные процессы.

Авторы [3] полагают, что зависимость η_A от φ обусловлена вторичными процессами — изменением скорости захвата вакансий кислородом из-за изменения зарядового состояния вакансий.

В работе [4] пришли к выводу, что причиной существования зависимости $\eta_A(\varphi)$ является изменение вероятности аннигиляции межузельных атомов собственными вакансиями при изменении φ .

Авторы работы [5] обнаружили, что существует критическое значение φ_c , отделяющая область, в которой такая зависимость имеется, от области, где η_A не зависит от φ ($\varphi_c = 5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$).

В настоящей работе исследовались образцы кремния *n*- и *p*-типа, легированные фосфором и бором соответственно, с одинаковой концентрацией $\sim 6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ полученные методом зонной плавки, с содержанием кислорода $\sim 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, плотность ростовых дислокаций не превышала $\sim 10^3 - 10^4 \text{ см}^{-2}$. Образцы облучались электронами с энергией 2 МэВ.

Исследования проводились методом локального облучения с последующим измерением объемной фотоэдс (U_{ph}) вдоль облученной области образца. Этот метод детально описан в работе [6].

Как известно, $U_{ph} \sim \partial\rho/\partial x$, а градиент удельного сопротивления $\partial\rho$ зависит не только от концентрации А-центров, а также от суммы концентрации широкого спектра дефектов.

В образцах Si *n*-типа U_{ph} в определенном интервале φ , $(2 \div 5) \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, растет (рис. 1, кривая 1). Это указывает на то, что в отличие от А-центров [5] η других радиационных дефектов в этом интервале резко

возрастает, при $\varphi_c = 5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ проходит через максимум и резко падает.

Приложение электрического поля ($E = 110 \text{ В/см}$) на образцы в процессе облучения не изменяет значения φ_c , а кривая зависимости $U_{ph}(\varphi)$ смещается в сторону больших значений U_{ph} (рис. 1, кривая 2).

В образцах Si *p*-типа вид зависимости $U_{ph}(\varphi)$ не изменяется и значение φ_c остается неизменным (рис. 2), а кривые зависимости $U_{ph}(\varphi)$ для образцов, облученных в присутствии внешнего электрического поля и без него, практически накладываются друг на друга.

Как известно [6], в кристаллах Si *n*-типа в момент образования вакансии заряжены отрицательно, а межузельные атомы — положительно, в кристаллах Si *p*-типа пары Френкеля заряжены положительно [7].

Приложение электрического поля на образец в процессе облучения, как это видно из полученных экспериментальных данных, влияет на зависимость $U_{ph}(\varphi)$ только в образцах Si *n*-типа. Это позволяет заключить, что

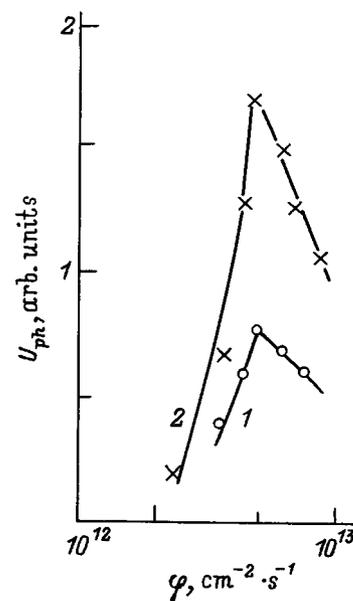


Рис. 1. Зависимость объемной фотоэдс от плотности потока электронов в кристаллах кремния *n*-типа; 1 — $E = 0$, 2 — $E = 110 \text{ В/см}$.

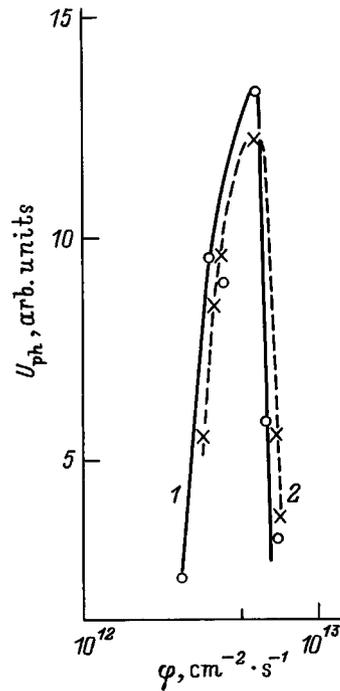


Рис. 2. Зависимость объемной фотоэдс от плотности потока электронов в кристаллах кремния p -типа; 1 — $E = 0$, 2 — $E = 110$ В/см.

при низких энергиях облучения для объяснения наблюдаемых закономерностей необходимо учесть зарядовое состояние первичных радиационных дефектов.

Список литературы

- [1] П.Ф. Лугаков, В.В. Лукьяница. ФТП, **18**, 345 (1984).
- [2] В.И. Кожевников, В.В. Михневич. ФТП, **15**, 1598 (1981).
- [3] Дж. Блекмор. *Статистика электронов в полупроводниках* (М., 1969).
- [4] J.W. Corbett, G.D. Watkins. Phys Rev., **138**, 555 (1965).
- [5] А.А. Золотухин, А.К. Коваленко, Т.М. Мещерякова, Л.С. Милевский, Т.А. Пагава. ФТП, **9**, 1201 (1975).
- [6] Л.С. Милевский, В.С. Гарнык. ФТП, **13**, 1369 (1979).
- [7] З.В. Башелеишвили, Т.Л. Бжалава, Т.А. Пагава, В.В. Санадзе. Сообщ. АН ГССР, Физика, **116**, 297 (1984).

Редактор В.В. Чалдышев

Abstract The effect of electron flux density (φ) on the efficiency of creation of radiation defects (η) in the sample of p - and n -type silicon single crystals is studied. It is shown that under irradiation the external electric field applied to the samples affects the dependence $\varphi(\eta)$ in n -type Si crystal only. The result is explained taking into consideration charge state of the Frenkel couple in the moment of creation during irradiation by low energy particles.