

Распределение глубоководных центров по глубине в двуокиси кремния вблизи границы раздела с фосфидом индия

© Л.С. Берман

Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе Российской академии наук,
194021 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 29 декабря 1995 г. Принята к печати 12 марта 1996 г.)

Для определения профиля концентрации глубоководных центров в диэлектрике на границе раздела с полупроводником был использован метод постоянной емкости с длительным измерением временной зависимости напряжения, что позволило увеличить разрешение по глубине. Измерено распределение глубоководных центров в двуокиси кремния вблизи границы раздела с фосфидом индия. Показано, что в интервале $22 \div 27 \text{ \AA}$ от границы раздела концентрация глубоководных центров не зависит от координаты.

Длительная временная нестабильность границы раздела (ГР) диэлектрик–соединение $A^{III}B^V$ является существенным препятствием для применения этих структур. Нестабильность обусловлена наличием глубоководных центров (ГУЦ) вблизи ГР и их распределением по глубине диэлектрика $N_t(z)$. Качественно оценить это распределение возможно по зависимости сдвига напряжения плоских зон от времени выдержки структуры металл–диэлектрик–полупроводник (МДП) при обогащении [1]. При использовании релаксационной спектроскопии глубоких уровней (DLTS) с учетом туннелирования [2] разрешение по глубине ограничивается длительностью заполняющих импульсов и/или их периодом.

В настоящей работе для определения $N_t(z)$ используется метод постоянной емкости [3,4] с длительным измерением, временной зависимости напряжения, что позволяет увеличить разрешение по глубине. Теория метода изложена в работе [5]. Начальное заполнение ГУЦ носителями заряда задается путем длительной выдержки МДП структуры, например при обогащении, так, что время выдержки много больше времени последующего измерения. При $t = 0$ МДП структура переключается из режима обогащения в режим обеднения. Зависимость $N_t(z)$ запишем в виде $N_t(z) = N_t(0)f(z)$, где $N_t(0)$ — концентрация ГУЦ на ГР, z — расстояние от ГР. Примем, что $f(z)$ не зависит от энергии E . При высоте потенциального барьера несколько эВ и узком интервале энергий можно принять, что z не зависит от E . Тогда после переключения изменение заряда ГУЦ вблизи ГР ΔQ_t описывается выражением

$$\Delta Q_t(t) = q\bar{N}_t(0)\Delta E z^*, \quad (1)$$

где $z^* = \int_0^z f(y)dy$, q — заряд электрона, $\bar{N}_t(0)$ — среднее значение $N_t(0)$ в интервале энергий ΔE , z — глубина туннелирования за время t . Интервал ΔE задается выбором режима переключения. Зависимость $\Delta Q_t(t)$ определяется путем обработки результатов эксперимента [5].

Дифференцируя (1) по времени, получаем

$$\frac{d}{dt}(\Delta Q_t) = q\bar{N}_t(0)\Delta E f(z) \frac{dz}{dt}. \quad (2)$$

Зависимости $z(t)$ и dz/dt вычисляются согласно теории в работах [2,6]. Тогда профиль концентрации ГУЦ определяется из выражения

$$\bar{N}_t(0)f(z) = \frac{d(\Delta Q_t)/dt}{q\Delta E dz/dt}. \quad (3)$$

Образцы были изготовлены из $n\text{-InP}$ (111), $N_d = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Слой SiO_2 был нанесен химическим осаждением из паровой фазы при $T = 350^\circ\text{C}$.

Измерения выполнялись на установке, описанной в работе [7], при $T \approx 300 \text{ K}$. Емкость образца поддерживалась постоянной при помощи цепи отрицательной обратной связи: напряжение с выхода фазового детектора моста МЦЕ-12 АМ подавалось через операционный усилитель на образец последовательно с первоначальным постоянным напряжением.

На рис. 1 приведена типичная зависимость $\bar{N}_t(0)f(z)$ от z в энергетическом интервале $E_c - (0.4 \div 0.6) \text{ эВ}$. В интервале $z = 22 \div 27 \text{ \AA}$ концентрация ГУЦ почти не зависит от координаты, т.е. имеем $f(z) \approx 1$ и $z = z^*$. На рис. 2 приведена временная зависимость $\bar{N}_t(0)f(z)z$, обусловленная расширением

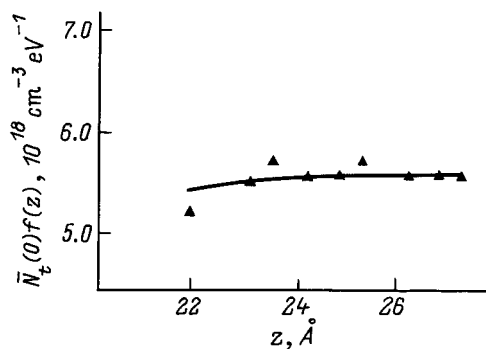


Рис. 1. Зависимость концентрации глубоководных центров от координаты.

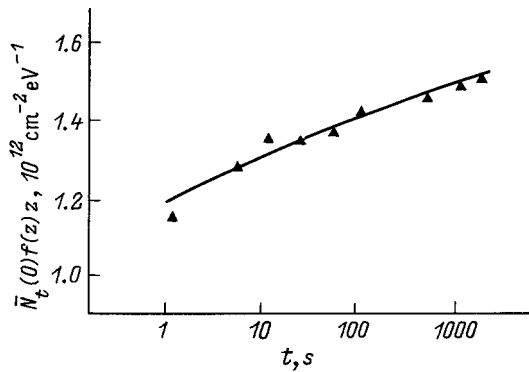


Рис. 2. Зависимость эффективной плотности поверхностных состояний от времени.

слоя диэлектрика, в котором электроны ушли с ГУЦ на поверхность полупроводника.

Дальнейшей задачей является исследование зависимости $N_t(z)$ при различных способах нанесения диэлектрика, а также в различных энергетических интервалах; оно позволит получить новую информацию о физической природе нестабильности границы раздела полупроводник–диэлектрик с глубоководными центрами.

Автор выражает признательность Л.Е. Клячкину за изготовление образцов и Н.М. Шмидт за обсуждение вопроса и полезные советы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Международного научного фонда, Министерства науки и технической политики Российской Федерации и Российского фонда фундаментальных исследований (грант N NU 2300).

Список литературы

- [1] J. Tardy, T. Thomas, P. Viktorovich, M. Gendry, J.L. Perrisier, C. Santinelli, M.P. Besland, P. Louis, G. Post. Appl. Surf. Sci., **50**, 383 (1991).
- [2] H. Lakhadri, D. Vuillaume, J.C. Bourgoin. Phys. Rev. B, **38**, 13124 (1988).
- [3] J.A. Pals. Sol. St. Electron., **17**, 1139 (1974).
- [4] Л.С. Берман, А.А. Лебедев. *Емкостная спектроскопия глубоких центров в полупроводниках* (Л., Наука, 1981).
- [5] Л.С. Берман. ФТП **31**, 78 (1997).
- [6] V. Kumar, W.E. Dahlke. Sol. St. Electron., **20**, 143 (1977).
- [7] Л.С. Берман, А.Д. Ременюк, М.Г. Толстобров. Препринт ФТИ N 974 (Л., 1985).

Редактор В.В. Чалдышев

Depth distribution of deep level centers in silicon dioxide near an indium phosphide interface

L.S. Berman

A.F. Ioffe Physicotechnical Institute,
Russian Academy of Sciences,
194021 St.Petersburg, Russia

Abstract Concentration profile of deep level centers in insulator at the insulator-semiconductor interface has been determined by the method of constant capacitance using the long-term measurements of voltage-time dependence which allowed to increase the depth resolution. Depth distribution of deep level centers in silicon dioxide at the indium phosphide interface has been measured. Within the depth of 22–27 Å the deep level center concentration does not depend on the coordinate.