ОБОЗРЕНИЕ
ПРИКЛАДНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ
Том 19 МАТЕМАТИКИ Выпуск 3
2012

В. И. Алтухов, **А. В. Санкин**, **М. Н. Дядюк**, **И. С. Касьяненко**, **О. А. Митюгова**, **С. В. Филиппова** (Пятигорск, ПГГТУ).
Расчет высоты барьера Шоттки на контакте металл–твердый раствор карбида кремния в структурах типа $\mathbf{Al/n-SiC:AlN}$.

Высота потенциального барьера Φ_b на контакте металл–полупроводник является важнейшим параметром диодов Шоттки, полевых транзисторов и других элементов (приборов) силовой электроники с поверхностно-барьерными структурами на основе карбида кремния. В том числе это структуры металл–твердый раствор карбида кремния типа $M/n-SiC:AlN$, в частности, $Al/n-(SiC)_{1-x}AlN_x$. Здесь приведены результаты моделирования и расчетов высоты барьера Шоттки (БШ) на контакте металл Al/n и полупроводниковый твердый раствор $SiC:AlN$ для различных составов x в рамках простой (модель БШ–МБШ [1]), но расширенной — нелинейной модели с локализованными в области контакта состояниями дефектов (БШЛСД–модель) [2]. В этом подходе высота барьера Шоттки Φ_b определяется формулой

$$\Phi_b^x(c) = \Phi_m - \chi + \Delta\Phi^x(c), \quad \Delta\Phi^x(c) = 4\pi(e^2/(4\pi\varepsilon_0\varepsilon))\lambda N_d n^x(c). \tag{1}$$

Здесь Φ_m — работа выхода из металла, χ — электронное сродство, $\Delta\Phi^x(c)$ — потенциальный барьер на контакте за счет туннелирования электронов между металлом и локализованными квазиуровнями (состояниями) E_i, λ — толщина двойного слоя с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_0\varepsilon$, N_d — плотность изолированных состояний дефекта на единицу поверхности ($N_d = c\cdot 10^{13}$ см $^{-2}$ эВ $^{-1}$, $c = 0\div 100$ [1]), числа заполнения $n^x(c)$ локализованного уровня E_i с полушириной $\Gamma = \pi\rho V$ (V — энергия гибритизации металлических и локализованных состояний), ρ — по предположению равна постоянной – плотность состояния металла, E_F — уровень Ферми. В случае упрощенной версии гамильтониана Андерсена [1] выражение для $n^x(c)$ имеет вид

$$n^x(c) = \pi^{-1}\mathrm{arc}\cot(E_i - E_F)/\Gamma. \tag{2}$$

С учетом того, что положение E_F относительно потолка валентной зоны полупроводника определяется соотношением $E_F = \chi + E_g^x - \Phi_m - \Delta\Phi^x(c)$ для $(E_i - E_F)/\Gamma = \Delta^x(c)$ при $E_i = E_g^x\xi$, $\xi = 0,5\,(0,4,\ 0,3)$ [1] получаем $\Gamma\Delta^x(c) = (\Phi_m - \chi) - (1-\xi)E_g^x + \Delta\Phi^x(c)$. При $\lambda = 3\eta A$ $(\eta = 0,5\div 2,0)$) получаем $\Delta\Phi^x(c) = k\eta c 2n^x(c)$, где $k = 0,272$. Если при $\Gamma = 0,5\div 1,0$ и $2n^x(c)\approx 1$ [1] значение $(E_i - E_F)/\Gamma$ мало, то для $n^x(c)$ и $\Phi_n^x(c)$ по (1)–(2) получаем

$$\begin{gathered} n^x(c) \approx \frac{1}{2}\big[1 - \tau(p - (1-\xi)E_g^x + k\eta\nu c)\big], \quad \tau = 2/\pi\Gamma, \quad p = \Phi_m - \chi, \\ ]3pt]\Gamma\Delta^x(c) = p - (1-\xi)E_g^x + k\eta\nu c, \\ \Phi_b^x(c) = p + k\eta c[1 - \tau(p - (1-\xi)E_g^x + k\eta\nu c)], \end{gathered} \tag{3}$$

где $\tau = 0,5\div 2,0$, $\nu = 1\div 0,01$. При $\nu = 0$ имеем переход к линеаризованному варианту модели [1].

Разложения (3) позволяют сопоставить выводы и расчеты работы, представленной данным сообщением, для высоты барьера Φ_m с результатами по обобщенной теории Бадрина и Шоттки–Мотта [3]. Надо отметить качественное и количественное согласие результатов данной БШЛСД-модели с данными отмеченных выше двух разных подходов [1] и [3] в понимании природы Φ_b в структурах типа $M/n-SiC:AlN$. Численные расчеты по формулам (3) дают хорошее согласование с данными опытов [1–3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Давыдов С. Ю.*, *Лебедев А. А.*, *Посредник О. В.*, *Тайров Ю. М.* Контакт металл–карбид кремния: зависимость высоты барьера Шоттки от политипа SiC. — ФТП, 2001, т. 35, в. 12, с.1437–1439.
2. *Алтухов В. И.*, *Санкин А. В.*, *Митюгова О. А.* Модель аномальной зависимости проводимости от состава твердых растворов на основе карбида кремния. — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2010, т. 17, в. 2, с. 246
3. *Курбанов М. К.*, *Рамазанов Ш. М.*, *Мехтиев Б. З.* Расчет высоты барьера Шоттки в структурах $Al/n-(SiC)_{1-x}AlN_x$. — Материалы IV-й Всесоюзной конференции «Физика–электроника», 23–26 окт. 2006 г. Махачкала: 2006, с. 182–185.