

Система уравнений, описывающая процессы диффузии и дрейфа неравновесных носителей заряда в условиях инжекционной перезарядки центров, имеет вид:

$$\begin{aligned} j_n &= qn\mu_n E + qD_n \nabla n; \\ j_p &= qp\mu_p E + qD_p \nabla p; \\ \Delta p &= \Delta n + N(f - f_0), \end{aligned} \quad (1)$$

где E – напряженность амбиполярного поля диффузии, f_0 – равновесная функция Ферми – Дирака, f – неравновесная стационарная функция заполнения центров элементами [1], j_n, j_p – полный ток электронов и дырок соответственно, n, p – концентрация свободных электронов и дырок, μ_p, μ_n – подвижность электронов и дырок, N – концентрация примесей, $\Delta n, \Delta p$ – неравновесные концентрации электронов и дырок.

Решение системы уравнений (1) относительно E . Подставляем в уравнение для плотности тока электронов, получаем выражение для коэффициента амбиполярной диффузии D в следующем виде.

$$D = D_n + \mu_n(n_0 + \Delta n) \frac{(D_p - D_n) + \frac{D_p N}{L} \left(\frac{(K\Delta n + \Omega)K + \frac{1}{2}R}{[(\Omega + K\Delta n)^2 + F + R\Delta n]^{\frac{1}{2}}} K \right)}{\mu_n(n_0 + \Delta n) + \mu_p(p_0 + \Delta n) + \frac{N}{L}(\Omega - K\Delta n + [(\Omega + K\Delta n)^2 + F + R\Delta n]^{\frac{1}{2}} - f_0 L)}, \quad (2)$$

где $\Omega = \gamma_n(n_0 + n_1) + \gamma_n(p_0 - Nf_0 + p_1)$, $k = \gamma_n + \gamma_p$, $F = R \left(N_0 + \frac{\gamma_p}{\gamma_n} p_1 \right)$, $R = 4N\gamma_n\gamma_p$, $L = 2N\gamma_p$.

С помощью разработанной программы был проведен расчет коэффициента амбиполярной диффузии от уровня инжекции.

Литература

1. Влияние уровня возбуждения на процессы безызлучательной рекомбинации на точечных дефектах структуры / Л.И. Шадурская, В.Б. Яржембицкий // Труды 29 междунаrodn. коллокви. – Илльменау (ГДР), 1984. – Ч. 2. – NB2. – С. 118–122.

УДК 621.3

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОК

Студент гр. 31310121 Загорцев А. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е. Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

В данной работы был проведен обзор технологий формирования квантовых нитей, включая выбор исходных материалов и оптимизация параметров процесса. Рассмотрено оборудование, применяемое на различных этапах создания квантовых нитей. Был произведен расчет вакуумной системы установки вакуумного напыления, используемого при металлизации.

Показано, что большинство способов изготовления квантовых нитей основывается на том, что в системе с двумерным электронным газом (квантовая яма) тем или иным способом ограничивается движение носителей заряда в еще одном направлении. Для этого есть несколько методов. Наиболее очевидный – это непосредственное «вырезание» узкой полоски с помощью литографической техники (рис. 1) [1].

При этом для получения электронных нитей шириной в сотни ангстрем, где квантование энергий электронов будет заметным, необязательно делать полоски именно такой ширины, что требует литографической техники сверхвысокого разрешения. Дело в том, что на боковых гранях вытравленной полоски, как и на свободной поверхности полупроводника, образуются поверхностные состояния, создающие, как правило, слой обеднения. Этот слой вызывает сужение проводящего канала, в результате чего квантовые эффекты можно наблюдать и в полосках большей ширины – порядка десятой доли микрона [2].

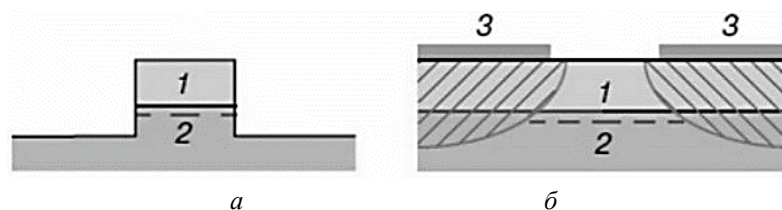


Рис. 1. Полупроводниковые гетероструктуры с квантовыми нитями, полученные с помощью субмикронной литографии за счет вытравливания узкой полоски из самой структуры *а* или щели в затворе Шотки *б*: 1 – полупроводник с широкой запрещенной зоной (например, AlGaAs), 2 – полупроводник с узкой запрещенной зоной (например, GaAs), 3 – металлический затвор. Образуемый вблизи гетерограницы узкий электронный канал показан штриховой линией. Заштрихованы области обеднения электронами

Можно поступить иначе. Поверхность полупроводниковой структуры покрывают металлическим слоем, создающим с полупроводником контакт Шотки и имеющим узкую щель (рис. 1, *б*). Если гетерограница находится достаточно близко от поверхности, в слое обеднения, то двумерные электроны на границе будут отсутствовать всюду, кроме узкой области под щелью. Такой тип одномерной структуры обладает дополнительным преимуществом: меняя напряжение на затворе, мы можем управлять эффективной шириной квантовой нити и концентрацией носителей заряда в ней [3].

Литература

1. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Москва, 2005.
2. Шик, А. Я. Квантовые нити / А. Я. Шик. – Москва, 1997.
3. Воронов, В. К. Современная физика: учебное пособие / В. К. Воронов, А. В. Подоплелов. – М: Ком-Книга, 2005. – 512 с.

УДК 681

ОБРАЗОВАНИЕ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ ПРИ ИОННОЙ БОМБАДИРОВКЕ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД

Студент гр. 8-24 КМ Имомиддинов Ф.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Курбанов Р. Т.

Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций,
Ташкент, Узбекистан

В настоящее время для решения задач ионных технологий особое место занимает изучение методов генерации наноразмерных структур различной стехиометрии. Одним из таких методов является ионная бомбардировка границы раздела двух различных мишеней [1]. Исследование было выполнено на установке [2] при бомбардировке ионами Cs⁺ с энергией 18,5 кэВ границы раздела пиролитического графита с Fe мишенью. Обнаружено, что наряду с кластерами FeC_n- и Fe₂C_n- наблюдается эффективная генерация цезийсодержащих нано-частиц FeCsC_n- и Fe₂CsC_n-. Распределение выходов FeC_n- характеризуется монотонным спадом интенсивностей с увеличением числа атомов углерода в кластере в области $n < 18$. В распределении кластеров Fe₂C_n- можно выделить существование нескольких областей с различным видом изменения интенсивностей выхода в зависимости от n . Для него характерно отсутствие явного падения интенсивностей пиков при увеличении размера кластера во всем диапазоне n . В целом, полученные данные свидетельствуют о перспективности методики [1] для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач.

Литература

1. Курбанов, Р. Т. Образование заряженных наночастиц при ионной бомбардировке границы раздела двух разнородных металлов / Р. Т. Курбанов [и др.] // Узбекский физический журнал. – 2020. – Т.22 (5). – С. 308–313.
2. A. D. Bekkerman, N. Kh. Dzemilev, V.M.Rotstein /Surf.Interf. Anal, 1990. – V.15. – P. 587–590.