

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

УДК 539.216

DOI: 10.17223/00213411/68/10/1

Моделирование сверхрешеточного барьера для nBn -структур на основе $n\text{-HgCdTe}$ *Д.Е. Каширский¹, Д.И. Горн¹, А.В. Войцеховский¹¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Проведена разработка физико-математической модели, позволяющей проводить вычисления энергетического спектра носителей заряда в сверхрешеточной структуре на основе $n\text{-HgCdTe}$ для целей оптимизации параметров сверхрешеточного барьера в фоточувствительных $nB(SL)n$ -структурах для MWIR- и LWIR-диапазонов. В основе модели лежит kp -метод (8-зонная kp -модель Кейна). Проведена оптимизация сверхрешеточного барьера для $nB(SL)n$ -структуры на основе $n\text{-HgCdTe}$. Показано, что сверхрешетка из 15 периодов слоев HgTe (1.75 нм) / $\text{Hg}_{0.3}\text{Cd}_{0.7}\text{Te}$ (2 нм) должна обеспечивать беспрепятственное прохождение фотогенерированных (неосновных) носителей заряда через барьерный слой при эффективном блокировании тока основных носителей заряда в структуре для детектирования излучения LWIR-диапазона.

Ключевые слова: барьерная структура, HgCdTe , nBn , сверхрешетка, молекулярно-лучевая эпитаксия, униполярная структура.

Введение

Развитие униполярных барьерных структур на основе соединений HgCdTe в настоящее время рассматривается как перспективное направление для создания инфракрасных (ИК) фотоприемных устройств для среднего (MWIR, 3–5 мкм) и дальнего (LWIR, 8–14 мкм) инфракрасного диапазона с низкими темновыми токами, работающих при более высоких температурах охлаждения, чем классические фотодиоды на основе HgCdTe [1].

Важной задачей при разработке униполярных фоточувствительных барьерных nBn -структур на основе молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) $n\text{-HgCdTe}$ для целей фотоприема является формирование эффективного барьера для основных носителей заряда в зоне проводимости для снижения темновых токов и одновременное устранение энергетического барьера в валентной зоне для повышения квантовой эффективности и чувствительности [2]. С учетом потенциала технологии МЛЭ [3] наиболее перспективной конфигурацией считается структура с барьером в виде сверхрешетки (СР) – $nB(SL)n$ -структуры [4–7]. Имеющиеся теоретические работы по данной теме обосновывают возможность создания барьера на основе сверхрешетки, эффективно блокирующего ток электронов и не препятствующего протеканию дырочного тока. Точный подбор параметров сверхрешетки (составы и толщины слоев) позволяет свести к минимуму величину разрывов энергетических зон на гетерограницах поглощающий слой/барьер/контактный слой [4].

Обзор последних достижений в направлении исследования подобных структур был проведен в [8]. К настоящему моменту в мировой научной литературе имеется крайне мало работ, посвященных изготовлению nBn -структур на основе HgCdTe с барьером в виде сверхрешетки и их экспериментальному исследованию. При этом подавляющее большинство работ по тематике nBn -структур на основе HgCdTe в целом являются теоретическими и описывают моделирование различных конфигураций фоточувствительных гетероструктур с целью снижения темновых токов и повышения чувствительности.

Практической реализации фоточувствительных структур на основе соединений A^2B^6 и, в частности HgCdTe , кроме фундаментальных (ненулевой разрыв валентной зоны в гетеропереходах) препятствуют также и технологические проблемы. С учетом опыта проведения экспериментальных исследований барьерных nBn -структур на основе МЛЭ $n\text{-HgCdTe}$ мы знаем, что наблюдаемые в эксперименте вольт-амперные характеристики (ВАХ) часто отличаются от теоретических. Это связано, например, с доминированием токов поверхностной утечки, делающим невозможным

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-62-10021, <https://rscf.ru/project/23-62-10021/>.