

Отзыв научного руководителя

о научной деятельности соискателя ученой степени кандидата физ.-мат. наук

Коновалова Глеба Георгиевича

Коновалов Глеб Георгиевич в 2010 г. поступил в аспирантуру ФТИ им. А.Ф. Иоффе по специальности 01.04.10 – физика полупроводников. В аспирантуре проводил научную работу, направленную на создание и исследование быстродействующих высокоэффективных инфракрасных фотоприёмников на основе гетероструктур узкозонных полупроводниковых соединений A^3B^5 . В 2013 г. успешно завершил обучение в аспирантуре и поступил на работу в должности младшего научного сотрудника в лабораторию инфракрасной оптоэлектроники Центра физики наногетероструктур ФГБУН ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН.

Коновалов Г.Г. успешно проявил себя в работе, направленной на создание и исследование высокоэффективных быстродействующих фотодиодов для средней ИК-области спектра на основе узкозонных гетероструктур A^3B^5 . Проведенные им исследования легли в основу его диссертационной работы, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Диссертационная работа Коновалова Г.Г. на тему «Создание и исследование высокоэффективных быстродействующих фотодиодов для средней ИК-области спектра (2-5 мкм) на основе узкозонных гетероструктур A^3B^5 » посвящена актуальному направлению разработки и исследования высокоэффективных сверхбыстродействующих фотодетекторов, необходимых в таких областях науки и техники, как телекоммуникации, спектроскопия, контроль состояния окружающей среды и др. Создание таких фотоприёмников требует глубокого анализа физических причин, влияющих как на их быстродействие, так и квантовую эффективность преобразования падающего излучения в фототок. Таким образом, исследования направленные на создание и исследование быстродействующих фотоприёмников для спектрального диапазона 2-5 мкм является актуальной как с научной, так и с практической точек зрения.

Научная и практическая новизна работы Коновалова Г.Г. состоит в следующем:

1. Впервые созданы сверхбыстродействующие $p-i-n$ -фотодиоды для спектрального диапазона 1.0-2.4 мкм на основе гетероструктуры GaSb/GaInAsSb/GaAlAsSb с разделенными чувствительной (диаметр 50 мкм) и контактной мезами, соединёнными фронтальным металлическим мостиковым контактом. Использование оригинальной конструкции контактной мезы с диэлектрическим подслоем Si_3N_4 позволило получить быстродействие фотодиодов в 50-100 пс, полосу пропускания в 3-5 ГГц.
2. Созданы фотодиоды на основе гетероструктур InAs/InAs_{0.94}Sb_{0.06}/InAsSbP/InAs_{0.88}Sb_{0.12}/InAsSbP/InAs, работающие при комнатной температуре в диапазоне спектра 2.5-4.9 и 1.0-4.8 мкм. Отличительной особенностью фотодиодов является высокое значение дифференциального сопротивления в нуле смещения и высокое значение обнаружительной способности в максимуме спектральной чувствительности.
3. В фотодиодах на основе гетероструктуры InAs/InAs_{0.94}Sb_{0.06}/InAsSbP/InAs_{0.88}Sb_{0.12}/InAsSbP с узкозонной активной областью ($E_g = 0.2-0.3$ эВ) увеличение квантовой эффективности и удельной обнаружительной способности в 1.5-1.7 раза, в интервале длин волн 2.2-4.8 мкм, достигнуто за счёт формирования на тыльной стороне подложки фотодиодного чипа криволинейной отражающей поверхности, образованной селективным травлением, позволяющей направлять оптическое излучение в направлении активной области. Достигнута квантовая чувствительность 0.24 (электрон/фотон) на длине волны 3 мкм.
4. Показано, что в гетероструктуре $p - InAs/AlSb/InAsSb/AlSb/ p - GaSb$ с глубокими квантовыми ямами AlSb/InAsSb/AlSb, увеличение их числа приводит к

пропорциональному уменьшению удельной ёмкости структуры за счёт последовательного соединения емкостей $p-n$ переходов.

5. Обнаружено, что в наногетероструктуре, выращенной на подложке $n-GaSb$, с глубокой квантовой ямой $Al(As)Sb/InAsSb/Al(As)Sb$ электролюминесценция осуществляется при переходе носителей между первыми электронным $E_{e_1}=0.394$ эВ и дырочным $E_{h_1}=0.029$ эВ уровнями с энергией излучаемого фотона $h\nu=0.669$ эВ ($\lambda \approx 1.85$ мкм), а фоточувствительность в фотовольтаическом режиме обеспечивается за счёт переходов между двумя электронными уровнями $E_{e_2}=1.22$ эВ и $E_{e_1}=0.394$ эВ, что соответствует энергии фотона в максимуме спектральной чувствительности $h\nu=0.826$ эВ ($\lambda \approx 1.55$ мкм).

6. Проведённые исследования показали, что в фотодиоде на основе наногетероструктуры $n-GaSb/Al(As)Sb/InAsSb/Al(As)Sb/p-GaSb$ с глубокой квантовой ямой $Al(As)Sb/InAsSb/Al(As)Sb$ в активной области лавинное умножение в слабом электрическом поле ($E < 10^4$ В/см) обеспечивается за счёт ударной ионизации электронами, дополнительно разогретыми на скачке потенциала в зоне проводимости $\Delta E_c=1.27$ эВ между потенциальным барьером $AlSb$ и первым электронным уровнем $E_{e_1}=0.394$ эВ.

Научные выводы носят общий характер и не ограничиваются объектами, непосредственно исследованными в работе. Результаты, полученные в диссертации, существенно углубляют понимание физических принципов работы быстродействующих фотодиодов для средней инфракрасной области спектра, показывают способы увеличения быстродействия и повышения квантовой эффективности таких фотодиодов.

Результаты научной работы докладывались на девяти региональных, российских, международных конференциях и симпозиумах, в соавторстве опубликовано девять печатных статей в ведущих российских и зарубежных рецензируемых научных журналах. Был награждён: на молодёжной конференции по физике и астрономии для молодых учёных Санкт-Петербурга и Северо-Запада «Физика.СПб» дипломом в номинации «За научные результаты, обладающие существенной новизной и среднесрочной перспективой их эффективной коммерциализации» (2011); дипломом на XIII Всероссийской молодёжной конференции по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и наноэлектронике (2011); дипломом III степени на XIV Всероссийской молодёжной конференции по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и наноэлектронике (2012).

Научный руководитель,
старший научный сотрудник ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН,
кандидат физ.-мат. наук

Андреев И.А.

Ученый секретарь ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН,
доктор физ.-мат. наук

Шергин А.П.



Подпись Андреев И.А. удостоверяю

От зав. отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

кадров Росинкова

