

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Минтаирова Сергея Александровича «Многoperеходные гетероструктурные фотопреобразователи на основе материалов A^3B^5 и германия, полученные методом МОС-гибридной эпитаксии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

В последнее время ведутся интенсивные работы по увеличению эффективности многoperеходных солнечных элементов, что связано с их широким использованием для энергоснабжения космических аппаратов, а также с расширением их использования в концентраторных энергоустановках наземного применения. В связи с этим теоретическое и экспериментальное исследование процессов, происходящих в структурах каскадных фотопреобразователей, выявление ограничивающих эффективность преобразования факторов и оптимизация их конструкции являются весьма своевременными и актуальными.

Математическое моделирование исследуемых структур является удобным средством для анализа причин снижения КПД и определения перспективного направления совершенствования каскадных фотопреобразователей. Использованный в диссертации подход, основанный на расчете поля световой волны в слоистой структуре фотопреобразователя методом матриц Абелеса, показал свою применимость по отношению к фотопреобразователям с различным числом фотоактивных $p-n$ переходов.

Аппроксимация спектральных характеристик фотопреобразователей позволила Минтаинову С.А. определить диффузионные длины неосновных носителей заряда в слоях $p-Ge$, $p-GaAs$ и $n-GaAs$ и установить их зависимость от уровня легирования, что дало возможность автору провести сравнительный анализ структур $n-p$ и $p-n$ полярности и установить, при каких значениях параметров эти структуры наиболее эффективны. Расчет коэффициентов собирания субэлементов каскадного фотопреобразователя

позволил Минтаирову С.А. определить отношения длин диффузии к толщинам для эмиттерных и базовых слоев, при которых коэффициент собирания порядка 95%. Этот результат имеет важное значение для оптимизации КПД фотопреобразователей. Интересными являются результаты исследования по снижению оптических потерь. Автором показано, что использование нуклеационного слоя GaInP с оптимальной толщиной 170-180 нм приводит к возрастанию фототока Ge субэлемента на величину $\sim 1.5 \text{ мА/см}^2$, а использование оптимизированных толщин широкозонного окна $\text{Ga}_{0.51}\text{In}_{0.49}\text{P} - 100 \text{ нм}$, $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As} - 110 \text{ нм}$, $\text{Al}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As} - 115 \text{ нм}$ позволяет повысить ток КЗ на $\sim 0.5 \text{ мА}$. Этот результат является важным шагом в повышении эффективности каскадных фотопреобразователей. Важным достоинством работы Минтаирова С.А. является то, что теоретические исследования сопровождаются большим объемом экспериментальных исследований, выполненных на созданных фотопреобразователях с оптимизированной структурой. В частности, каскадные фотопреобразователи со структурой GaInP/GaInAs/Ge продемонстрировали КПД 30% в условиях AM0 и 40% при 500-кратной концентрации в условиях AM1.5D. Заслуживает особого внимания предложенное автором использование широкозонных эмиттерных слоев AlInP, GaInP или AlGaAs для сокращения рекомбинационных потерь, позволяющее увеличить КПД каскадного фотопреобразователя на $\sim 3\%$.

По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, а ее автор Минтаиров С.А. заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Начальник отделения,

М.Б. Каган

Начальник отдела, к.ф.

А.Ф. Милованов

Ученый секретарь, к.т.н

Е.А. Тейшев