

**ОТЗЫВ**  
на автореферат диссертационной работы Снигирева Леонида Алексеевича  
«Формирование и кристаллография наночастиц AsSb при распаде пересыщенного  
мышьяком твердого раствора GaAsSb», представленной на соискание учёной степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – физика  
полупроводников

Актуальность диссертационной работы обусловлена стремительным развитием нанофотоники, успехи которой в настоящее время в значительной степени связаны с появлением новых объектов – метаматериалов, характеризуемых собственными возбуждениями электронной плазмы (локализованный плазмонный резонанс) при взаимодействии света с составляющими метаматериалом элементами, размеры которых существенно меньше длины волны излучения. Одним из таких метаматериалов, структурные особенности которого детально исследованы в работе Л.А. Снигирева, является система наноразмерных частиц AsSb с металлическими свойствами в полупроводниковой матрице GaAsSb.

В экспериментальных разделах диссертационной работе Л.А. Снигирева представлены результаты детального анализа структурно-химических особенностей наноразмерных частиц AsSb в матрице GaAsSb, выполненного с применение комплекса методов современной просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения, обеспечивающего их новизну и достоверность.

На основе проведенных исследований установлено следующее.

1. Атомарная структура наночастиц AsSb, формирующихся в матрице GaAsSb при термообработках и ориентационные соотношения кристаллических решеток наночастиц и матрицы.
2. Влияние температуры и времени промежуточных термообработок на пространственное распределение, морфологию и особенности кристаллической структуры наночастиц AsSb. Обнаружен и объяснен эффект переориентации наночастиц при увеличении их размеров.
3. Определена энергия активации совместной диффузии As и Sb в низкотемпературных эпитаксиальных слоях LT-GaAsSb, которая составила  $0.7 \pm 0.1$  эВ.
4. При концентрации Sb 3% в эпитаксиальном слое, концентрация Sb в преципитатах достигает 80%.

Полученные экспериментальные данные согласуются с предложенным механизмом образования наночастиц AsSb в эпитаксиальных слоях LT-GaAsSb, основанном на замещении атомов Sb атомами избыточного As, концентрация которых при низких температурах эпитаксии значительно превосходит равновесные значения и может достигать 2 ат%.

Результаты исследования расширяют представления о процессах диффузионного распада пересыщенных полупроводниковых твердых растворов и свойствах наночастиц, образующихся при таком распаде.

К содержанию работы, отраженному в автореферате, имеется следующее замечание, не затрагивающее основных выводов диссертации. Автором исследовалось влияние условий отжига на концентрацию частиц AsSb. Для определения концентрации необходимо знать толщину электронно-прозрачного образца в области измерения. Каким образом определялась эта толщина из автореферата не ясно?

Практическая значимость полученных результатов заключается в следующем. Установленные зависимости параметров наночастиц от температуры отжига и стабильность ромбодрической кристаллической фазы наночастиц AsSb имеют существенное значение для интерпретации результатов оптических исследований плазмонного резонанса в системе AsSb-GaAsSb. Кроме этого, позволяют целенаправленно формировать ансамбли таких наночастиц, что расширяет технологические возможности управления параметрами формируемых оптических метаматериалов. Технология роста таких композитныхnanoструктур полностью совместима с промышленной технологией молекулярно-лучевой эпитаксии.

Результаты были представлены на международных и российских конференциях и опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Автореферат диссертации отвечает требованиям Положений ВАК Министерства науки и высшего образования РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а его автор – Снигирев Леонид Алексеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников.

Даю согласие на обработку персональных данных

Гутаковский Антон Константинович

Кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН (ИФП СО РАН)

630090, Россия, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 13

Телефон: +7(383)330-90-55

E-mail: [ifp@isp.nsc.ru](mailto:ifp@isp.nsc.ru)

Сайт: [www.ifp.nsc.ru](http://www.ifp.nsc.ru)

Дата: 15 декабря 2025 г.

Подпись А.К. Гутаковского заверяю

Ученый секретарь ИФП СО РАН

кандидат физ.-мат. наук



А.К. Гутаковский

С.А. Аржаникова