

Тенденции развития физики конденсированных сред

Секция «Физика конденсированных сред»

9. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Аминбекова М.С. Температурная зависимость теплоёмкости и изменение термодинамических функций сплавов системы Pb-Ba // Вестник СПбГТИД. 2018. № 2. С. 69-75.
10. Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. Влияние перья на теплофизические свойства сплава AMg2 // Физика металлов и металловедение. 2016. Т. 117. № 1. С. 53.
11. Гулов С.С., Ганиев И.Н., Сафаров М.М., Ганиева Н.И. Влияние добавок германия и олова на теплопроводность сплава АК7М2 в зависимости от температуры // Доклады АН РТ. 2016. Т. 59. № 3-4. С. 142-145.
12. Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Кобулиев З.В., Ганиев И.Н. Влияние лантана, празеодима и неодима на теплофизические свойства сплава AMg4 // Вестник ТТУ. 2016. Т. 3. № 3. С. 33-36.
13. Ганиев И.Н., Якубов У.Ш., Сангов М.М., Сафаров А.Г. Влияния кальция на температурную зависимость удельной теплоёмкости и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ5К10 // Вестник Казанского технологического университета. 2018. Т.21. №8. С. 11-15
14. Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Низомов З., Махмадуллоев Х.А. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплавов системы Pb-Sr // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 6. С. 38-42.
15. Ганиев И.Н., Алиев Д.Н., Иброхимов Н.Ф., Алиханова С.Д., Одинаева Н.Б. Температурная зависимость термодинамических функций сплавов Zn5Al и Zn55Al // Доклады АН РТ. 2014. Т. 57. № 7. С. 588-593.
16. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Ибрахимов Н.Ф., Бердиев А.Э. Температурная зависимость теплоёмкости и коэффициента теплоотдачи сплава АК12М2 // Вестник ТУТ. 2014. № 1 (22). С. 22-24.
17. Низомов З., Гулов Б., Ганиев И.Н., Саидов Р.Х., Бердиев А.Э. Температурная зависимость теплоёмкости сплава АКLM2, легированного редкоземельными металлами // Доклады АН РТ. 2011. Т. 54. № 11. С. 917-921.
18. Умаров М.А., Ганиев И.Н. Температурная зависимость теплоёмкости и изменение термодинамических функций свинца марки С2 / М.А. Умаров, И.Н. Ганиев // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20. № 1. С. 23-29.
19. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах // Справ. изд., М.: Металлургия. 1989. 384 с.
20. Ваховов А.В., Ганиев И.Н. Стронций-эффективный модификатор силуминов // Литейное производство. 2000. №5. С.28.
21. Каргаполова Т.Б., Махмадуллоев Х.А., Ганиев И.Н., Хакмодов М.М. Барий-новый модификатор силуминов // Литейное производство. 2001. №10. С.6-9.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ДЕГРАДАЦИЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

**Исмаилов К.А.**

Каракалпакский госуниверситет им.Бердаха

Полупроводниковая электроника – исключительно прогрессирующая область науки и

Тенденции развития физики конденсированных сред

Секция «Физика конденсированных сред»

техники. Известно, что полупроводниковой электронике широко используется гетерогенные системы. Характерной особенностью таких гетерогенных систем является термодинамическая неравновесность. Именно поэтому проблеме надёжности и деградационным явлениям в полупроводниковых приборных структурах и приборах на их основе уделяется большое внимание как в прикладной, так и в фундаментальной науке.

Под деградацией прибора понимают изменение его характеристик с течением времени. Такое изменение происходит как при эксплуатации прибора, так и в процессе его хранения. Оно приводит к постепенному «уходу» параметров прибора за пределы, указанные в паспорте и таким образом, делает прибор неработоспособным.

Надёжность прибора тесно связана с происходящими в нем деградационными явлениями. Чем интенсивнее деградация, тем ниже надёжность. Поэтому важно выяснить физические причины деградации и её механизмы.

Гетероконпозиции в широком смысле этого слова являются основой современной полупроводниковой электроники, использующей свойства границы раздела фаз для преобразования электрических и оптических сигналов.[1-3]. Поэтому многие свойства гетерогенных систем нельзя понять без учета внутренних механических напряжений, имеющихся в них вследствие сопряжения разнородных материалов.

Даже в том случае, если бы в нашем распоряжении был полупроводниковый материал, идеально удовлетворяющий по своим электрофизическим параметрам требованиям к материалу для изготовления полупроводниковых приборов и обладающий идеальной кристаллической структурой, это не решило бы вопроса о создании приборов предельно достижимыми рабочими параметрами и высокой надёжностью.

Усиленный интерес к изучению релаксации внутренних механических напряжений в таких гетероэпитаксиальных системах (ГС) проявился после того, как выяснилось, что она является причиной деградации многих полупроводниковых приборов. Это поставило в свою очередь на повестку дня вопрос об устранении внутренних механических напряжений в ГС.

Для уменьшения отрицательных последствий пластической деформации используют следующие приемы:

- устранение внутренних механических напряжений, а следовательно, и возможности их релаксации [1];
- получение при пластической деформации заданного распределения дефектов, не ухудшающего параметров приборов [2];
- создание систем, в которых внутренние напряжения термодинамически равновесны, в связи с чем не релаксируют [3].

В свою очередь, известные методы получения ГС без внутренних механических напряжений можно разделить на активные и пассивные. Последние сводятся к подбору пар материалов с близкими параметрами решетки и коэффициентами теплового расширения, чтобы напряжения несоответствия и термическое напряжения в соответствующих ГС не достигли критических значений. Согласно литературным данным [1] на этом пути нельзя ожидать существенных успехов.

К активным методам уменьшения внутренних напряжений в ГС можно отнести следующие.

1. Использование пленок переменного состава с несоответствием, уменьшающимся по

#### Тенденции развития физики конденсированных сред

##### Секция «Физика конденсированных сред»

мере приближения к границе раздела (ГР) с подложкой. Это позволяет избежать концентрации напряжений на ГР (но не устраняет их вообще) и получить более благоприятное распределение дефектов структуры в системе.

2. Использование эпитаксиальных пленок твердых растворов постоянного состава с нужными параметрами.
3. Облучение гетеросистем

Из перечисленных активных методов наиболее важными с точки зрения практического использования является облучение гетеросистем.

Таким образом, требования к надёжности и долговечности полупроводниковых приборов все время повышаются, а дальнейший прогресс полупроводниковой электроники, определяющий в значительной степени современное состояние всей физики и техники полупроводников, связан как с повышением качества, срока службы, так и с увеличением их надёжности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Конакова Р.В., Кордош П., Тхорик Ю.А., Файнберг В.И., Штофанк Ф. Прогнозирование надёжности полупроводниковых лавинных диодов. – Киев.: «Науково думка, 1986. – 188 с.
2. Исмаилов К.А., Бижанов Е.К. Физические причины деградации арсенидгаллиевых лавинных диодов. – ДАН РУз. № 5., 2011.
3. Сидоров В.Г., Шмидт Н.М. Деграционные явления и проблема надёжности полупроводниковых источников излучения. – Приборы и техника физического эксперимента, физико-математические науки № 2 (170). -2013.

#### DIMENSIONAL QUANTIZATION OF THE ENERGY SPECTRUM IN A GYROTROPIC CRYSTAL

Rasulov Voxob Rustamovich<sup>1</sup>, Rasulov Rustam Yavkachovich<sup>1</sup>, Muminov Islombek Arabboyevich<sup>1</sup>, Urinova Kamala Komiljanovna<sup>2</sup>, Farmanov Islom Elmaro'g'li<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fergana State University, <sup>2</sup> Kokand State Pedagogical Institute

**Annotation:** This research investigates the dimensional quantization in semiconductor quantum wells with a complex zone structure, specifically focusing on materials like n-GaP and p-Te, which possess a distinctive "hump-like structure" within their energy bands. The study aims to understand the energy spectrum and wave functions of electrons in these unique semiconductor structures, essential for various optical and photovoltaic applications. Through a theoretical approach, the research unveils a non-overlapping spectrum of dimensionally quantized electron levels, determined by the presence of an energy gap between distinct subzones within the conduction band. The study provides analytical expressions for electron wave functions and energy spectra under different scenarios, characterized by variations in characteristic wave vectors and semiconductor band parameters.

**Keywords:** The confinement of electrons within quantum wells, leading to quantized energy levels, A nanostructure with discrete energy levels for electrons, crucial in optoelectronic devices. The intricate energy band configuration within semiconductors, affecting electronic properties. n-GaP and p-Te: The distribution of energy levels available to electrons within a material. A mathematical method used to analyze the effects of small changes in a system's parameters.

**To the of dimensional quantization in a semiconductor with a complex zone**