

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Медведева Олега Сергеевича «Дислокационная люминесценция в нитриде галлия»,
представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук
по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников»

Нитрид галлия и твёрдые растворы III-нитридов в настоящее время являются основой для промышленного производства светоизлучающих приборов в видимой и УФ областях спектра и перспективными материалами для силовой электроники. Вследствие отсутствия коммерчески доступных подложек GaN, кристаллы и плёнки этого материала выращиваются гетероэпитаксиально на монокристаллических подложках из сапфира, карбида кремния и кремния. Большая разница в постоянных решётках и коэффициентах термического расширения с подложкой приводит к большой плотности дислокаций в выращенных пленках GaN. В то же время, несмотря на высокую плотность дислокаций, излучающие структуры на основе GaN демонстрируют высокую квантовую эффективность. Многие противоречивые результаты до сих пор не нашли окончательного объяснения. Это и стимулирует проведение интенсивных исследований электрических и оптических свойств дислокаций в структурах на основе GaN. Поэтому актуальность диссертационной работы Медведева Олега Сергеевича, посвященной исследованию связанной с дислокациями люминесценции в GaN, с целью установления ее природы и механизмов такого излучения, не вызывает сомнений.

Диссертация включает введение и пять глав, в первой из которых представлен достаточно обширный обзор литературы, в котором приведены основные сведения о структуре, электрических и оптических свойствах дислокаций в полупроводниках, а также приведен обзор данных по свойствам GaN и по результатам исследований свойств дислокаций в GaN. Вторая глава посвящена описанию методов исследования и использованных образцов. В третьей главе приведены результаты исследований дислокационной структуры, формирующейся при индентировании или царапании поверхности GaN. Приведено качественное

описание скольжения дислокаций. Методом просвечивающей электронной микроскопии исследована структура введенных дислокаций. Приведены результаты исследований влияния облучения электронным пучком на дислокационную структуру. Изучено влияние отжига на связанную с дислокациями люминесценцию. Четвертая глава посвящена исследованию характеристик дислокационной люминесценции. Исследованы ее зависимости от температуры, интенсивности возбуждения, уровня легирования и механических напряжений в решетке. Пятая глава посвящена обсуждению полученных результатов. Предложена модель оптических переходов на винтовых дислокациях в GaN.

В работе получен ряд новых научных результатов, среди которых можно отметить следующие:

- Обнаружено, что а-винтовые дислокации, введенные локальной пластической деформацией при комнатной температуре, являются источником люминесцентной полосы с энергией излучения 3.15-3.18 эВ при 70 К и 3.1 эВ при 300 К.
- Установлено, что полоса дислокационной люминесценции характеризуется тонкой структурой, состоящей из разрешенного дублета узких спектральных линий, сопровождающихся фонными повторениями.
- Исследованы зависимости спектрального положения и интенсивности полосы дислокационной люминесценции от температуры, механических напряжений и уровня возбуждения.
- Исследовано влияние высокотемпературного отжига на дислокационную люминесценцию и продемонстрирована ее термическая стабильность.
- Предложена новая модель оптических переходов на винтовых дислокациях в GaN, учитывающая расщепленный характер их ядер.

Следует отметить также большой объем проведенных исследований.

Практическая ценность работы определяется тем, что полученные результаты могут быть использованы для повышения эффективности светоизлучающих приборов на основе GaN.

Достоверность полученных результатов определяется использованием хорошо разработанных методик, а также воспроизводимостью результатов, полученных на разных образцах GaN. Основные выводы работы в достаточной степени обоснованы.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают содержание диссертации. Результаты докладывались на большом количестве российских и международных конференций.

В то же время следует высказать ряд замечаний к рецензируемой работе:

1. Первое замечание связано с тем, что, как показано в работе, винтовая дислокация расщеплена в базисной плоскости, а не в плоскости скольжения призматической полупетли. Такая геометрия дислокационной петли довольно необычна. Более того, это должно препятствовать скольжению винтовых дислокаций в призматической плоскости, что, по-видимому, происходит при облучении электронным пучком, и могло бы препятствовать скольжению выходящих на поверхность сегментов дислокационной полупетли.

2. Сигнал в режимах наведенного тока и катодолюминесценции в ямках повышается за счет повышения доли поглощенной энергии. Не очень понятно, учитывался ли этот эффект при интерпретации контраста от ямок травления.

3. При интерпретации рис. 3.8 идентифицируются дислокации с Ga- и N-ядром. Не очень понятно, является ли это предположением автора или этому имеются доказательства.

4. Оценка диффузионной длины из профиля контраста дислокации по его спаду является слишком грубым приближением, поэтому предлагаемое объяснение различия в спаде сигнала вызывает сомнение (стр. 86).

5. Маловероятно, что при концентрации 10^{16} см^{-3} экранирование электронами может существенно влиять на взаимодействие между частичными дислокациями с расщеплением в несколько нм (стр. 105).

6. Следует высказать замечание по оформлению работы, поскольку она содержит достаточно большое количество грамматических ошибок.

Тем не менее, указанные недостатки не являются принципиальными и не снижают общего хорошего впечатления от диссертационной работы. Можно констатировать, что диссертационная работа Медведева Олега Сергеевича является выполненным на высоком уровне законченным научным исследованием, удовлетворяющим всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор – О.С. Медведев - заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – «Физика полупроводников»

3 мая 2018 г.

Главный научный сотрудник ИПТМ РАН

докт. физ.-мат. наук, профессор



Якимов Евгений Борисович

Почтовый адрес: 142432, Черноголовка Моск. обл., Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов РАН

Тел. 496-52-44182; e-mail: yakimov@iptm.ru

Подпись Якимова Е.Б. **ЗАВЕРЯЮ**

Ученый секретарь ИПТМ РАН

к. физ.-мат. наук



Феклисова О.В.