

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы

Комаровского Никиты Юрьевича

«Развитие процедур измерения неоднородности структур, оценки сопротивления разрушению и приемов когнитивной графики для контроля и управления качеством монокристаллов GaAs», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Работа Комаровского Н.Ю. посвящена развитию и научному обоснованию цифровых процедур измерения структур и разрушения монокристаллов группы $A^{III}B^V$, выращенных методом Чохральского. **Актуальность работы обусловлена**, с одной стороны, необходимостью получения достоверных результатов измерений структур и разрушения, в т.ч. для оценки качества монокристаллов, как конструкционных материалов, с другой стороны, отсутствием унифицированных и научно обоснованных метрологических процедур таких измерений.

Плотность дислокаций одна из важнейших структурных характеристик полупроводниковых монокристаллов. Дислокации оказывают прямое и косвенное влияние на электрофизические свойства материала. Их прямое влияние заключается в наличии разъединенных связей по границам двумерных несовершенств, то есть дополнительных носителей заряда, что приводит к появлению новых энергетических уровней. Наличие ненасыщенной валентной связи обуславливает акцепторный характер дислокаций. Косвенное влияние заключается в создании градиента химического потенциала, который, в свою очередь, ускоряет диффузию в плоскости дефекта, что формирует примесные атмосферы.

В диссертационной работе для панорамных изображений фигур травления (в 256 оттенках серого) на основе анализа поля яркости был разработан алгоритм цифровой обработки изображений, включающий в себя процедуру выбора порога бинаризации (на основе статистики распределения значений интенсивности яркости пикселей) и фильтрации шумов (из статистики распределения площадей темных объектов (ямок травления)). Это, безусловно, существенная составляющая научной новизны работы.

Полученные результаты - основа для создания метрологических процедур количественного анализа панорамных изображений различных структур, обеспечивающих получения воспроизводимых и сопоставимых результатов измерению, отражающих реальную природу объекта измерений.

Статистический анализ баз данных производственного контроля позволил выявить разброс параметров качества монокристаллов арсенида галлия – подвижности свободных носителей и плотности дислокаций. Автором было показано, что в системе «параметры материала-параметры процесса» гипотеза о нормальном распределении противоречит наблюдениям. С использованием приемов когнитивной графики были найдены области с доминирующим типом зависимости критических параметров технологии, обеспечивающие получение материала с низкой плотностью структурных дефектов. Предложенные алгоритмы

обработки массивов данных и полученные с их использованием результаты важны не только с научной, но и практической стороны.

Результаты работы достаточно хорошо представлены в статьях: 14 публикаций, входящих в международные системы цитирования.

По автореферату имеются следующие замечания:

– В какой мере будет эффективным применение цифровых процедур, предложенных автором диссертации, для массовых измерений структур монокристаллов и эпитаксиальных структур?

– В автореферате не описана методика построения полиэдров Вороного для определения ближайших соседей. Полезным было бы привести эту информацию, так как данный метод не является общепринятым.

Отмеченные замечания имеют рекомендательный характер и не снижают ценность диссертационной работы Комаровского Н.Ю., имеющей научную новизну и практическую значимость в актуальной области современного материаловедения. Диссертационное исследование полностью отвечает квалификационным требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а его автор Комаровский Н.Ю. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

доктор технических наук,

главный научный сотрудник

Отделения реакторных материалов и технологий

НИЦ «Курчатовский институт»,

профессор

Кулешова Евгения Анатольевна

04.06.2026 г.

Адрес: Москва, Пл. Академика Курчатова, д.1

Телефон: +7(962)940-4060

Адрес электронной почты: kuleshova_ea@nrcki.ru

Подпись главного научного сотрудника

доктора технических наук, профессора

Кулешовой Е.А. заверяю.

Заместитель директора –

главный ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт»

доктор физико-математических наук



Алексеева О.А.