

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Комаровского Никиты Юрьевича на тему
«Развитие процедур измерения неоднородности структур, оценки
сопротивления разрушению и приемов когнитивной графики для контроля и
управления качеством монокристаллов GaAs», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1
«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»**

Полупроводниковые монокристаллы группы $A^{III}B^V$ по-прежнему вызывают широкий исследовательский интерес в связи с обширной сферой применения – мобильная связь и СВЧ-техника, фотовольтаика (солнечная энергетика), оптоэлектроника и многие другие сферы твердотельной электроники, развитие которых сопряжено с постоянным ростом требований к качеству исходного материала материала - подложки.

Так, в связи с растущими объемами производства, все более актуальным становится вопрос контроля прочности полупроводниковых материалов. Для них характерна низкая, относительно теоретических оценок, стойкость к хрупкому разрушению, а, следовательно, повышенная вероятность разрушения на многочисленных этапах создания интегральной микросхемы (ИМС), проводимых в широком диапазоне температур и давлений. При этом контроль механических свойств подложки вызывает существенные методические и метрологические затруднения, в связи с чем очень часто носит качественный характер без какой-либо цифровой информации.

Главным же трендом развития полупроводниковой отрасли последних лет является достижение необходимой степени однородности монокристаллов, однако на данный момент нет единого представления ни о допустимой мере разброса свойств в сечении пластины, ни о методах ее оценки.

Научная новизна результатов исследования.

Прежде следует отметить, что новизну составляют обнаруженные закономерности изменения поля яркости панорамных изображений дислокационной структуры монокристаллов GaAs (в 256 оттенках серого), на основе которых был предложен алгоритм выбора порога бинаризации.

На основе анализа видов распределения значений площадей темных объектов на изображении (ямки травления) предложен критерий выбора порога фильтрации. Показаны различия между группами объектов, выделяемых «статистической» (на основе гистограмм распределения) и «физической» (по прямым наблюдениям

морфологии ямок травления в сканирующем электронном микроскопе) фильтрацией.

Впервые установлены границы применимости оптического метода, предназначенного для определения концентрации свободных носителей в монокристаллах группы $A^{III}B^V$ (GaAs, InSb) по спектрам отражения в средней и дальней инфракрасной области спектра

Достоверность результатов обеспечена массовыми цифровыми измерениям структур и разрушения с использованием современной техники, программного обеспечения и корректных статистических методов обработки результатов, приемов когнитивной графики, учитывающих физику явлений и процессов, согласованностью с соответствующими результатами научно-технической литературы.

Практическая значимость полученных результатов подтверждена актами внедрения и практическим использованием результатов работы в «Физическом институте имени П.Н. Лебедева РАН Российской академии наук» (ФИАН) и Государственном научно-исследовательском и проектно институте редкометаллической промышленности «ГИРЕДМЕТ». Предлагаемые в работе подходы к измерению структурной неоднородности, оценке сопротивления материала разрушению и управлению его качеством будут полезны не только для монокристаллов группы $A^{III}B^V$, а и для самого широкого спектра материалов.

Основные результаты диссертации представлены 14 печатных работах в журналах, входящих в базы данных Scopus и WoS. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка.

По автореферату можно высказать следующее замечание:

В работе предложены цифровые процедуры анализа изображений структур и разрушения в материаловедении, что является значительным шагом к стандартизации требований к ним, важным как для науки, так и для производства. Однако, следовало бы обсудить возможные направления реализации на практике развитых в работе подходов для «выхода» на новую линейку стандартов.

Данное замечание не снижает общего положительного впечатления о работе и значимости проведенного исследования.

Диссертационная работа «Развитие процедур измерения неоднородности структур, оценки сопротивления разрушению и приемов когнитивной графики для контроля и управления качеством монокристаллов GaAs» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатских диссертациям в соответствии с «Положением о порядке присуждения ученых степеней в «МИСИС», а ее автор,

Комаровский Никита Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Полесский Алексей Викторович
Директор по НИОКР АО «НПО «Орион», д.т.н.



22.05.2026

Адрес: 111538, Россия, г. Москва,
ул. Косинская, д. 9
тел.: +7 (499) 374-48-84
e-mail: av22236@bk.ru

Подпись Полесского А.В. заверяю

Ученый секретарь
АО «НПО «Орион», к.т.н., доцент



А.В. Егоров

