

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Комаровского Никиты Юрьевича «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

Комаровский Н.Ю. окончил «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» в 2021 году с присвоением квалификации «магистр» по направлению «Материаловедение и технологии материалов». Успешно прошел обучение в аспирантуре НИТУ МИСИС с 01.09.2021 по 31.08.25 с присвоением квалификации "Преподаватель-исследователь".

Диссертационная работа выполнялась в НИТУ МИСИС на кафедре металловедения и физики прочности.

Активное развитие твердотельной электроники, помимо роста спроса на монокристаллы группы $A^{III}B^V$ закономерно определяет также и рост требований к качеству исходного материала материала - подложки. Изготовление интегральных схем - многостадийный и многофакторный процесс, который может насчитывать более 100 операций, включающий в себя различного рода механические (шлифование и полирование, диффузию, скрайбирование и др.) и термические воздействия на материал ($-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (криогенное травление) до $+1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ при давлении от атмосферного до 10^5 Па (отжиг, окисление, диффузия, и др.). При этом разрушение интегральной схемы на протяжении всей производственной траектории сопряжено с нелинейным ростом экономических потерь. Часто необходимо, чтобы прибор мог выдержать воздействия акустического шума, вибрации в заданном диапазоне частот и ускорения, а также сохранял работоспособность при повышенных температурах и при различном давлении, а также в присутствии ионизирующего излучения, в связи с чем на материалы электроники распространяются требования к конструкционным материалам – прочность, пластичность и вязкость.

Их, в первую очередь вязкость, определяет технологически неизбежная при производстве материалов неоднородность строения структур, как одна из причин разброса физико-механических свойств материала. Отсюда необходимость в разработке технологических решений по ее нивелированию. Однако на данный момент нет единого представления как о критических параметрах структуры (и их значениях), лимитирующих

неоднородность широкого спектра свойств материалов группы $A^{III}B^V$, так и о методах их оценки. В этой связи, в частности, не эффективны традиционные методы управления качеством, основанные на эмпирическом подборе оптимальных параметров процесса выращивания монокристалла. Отсутствуют также данные о применении статистических процедур для повышения стабильности процесса и качества продукта. Это и определило актуальность постановки диссертационной работы.

Выполненный большой объем работы позволил получить интересные результаты, имеющие научную новизну. Они также были реализованы на практике в ФИАН им. П.Н. Лебелева и АО «Гиредмет».

Личное участие Комаровского Н.Ю. состоит в непосредственном планировании экспериментов, участии в них, разработке и апробации цифровых процедур, связанных с измерением структур и оценке влияния метрологических факторов цифровых процедур на результаты измерений, анализе баз данных производственного контроля процесса выращивания монокристаллов GaAs методом Чохральского, оценке сопротивления GaAs разрушению, интерпретации и оформлении результатов в виде статей. Основные положения диссертационной работы сформулированы автором.

При выполнении работы Комаровский Н.Ю. проявил инициативу, высокую долю самостоятельности, безусловно, движущей силой был его интерес к творческой работе в целом, к выбранной тематике, в частности. Комаровский Н.Ю. – полностью сформировавшийся исследователь, способный самостоятельно решать разнообразные по объему и сложности задачи.

Диссертационная работа Комаровского Никиты Юрьевича «Развитие процедур измерения неоднородности структур, оценки сопротивления разрушению и приемов когнитивной графики для контроля и управления качеством монокристаллов GaAs», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Научный руководитель,
профессор кафедры металловедения
и физики прочности НИТУ МИСИС, д.т.н.,
профессор

_____ заверяю.

_____ на кафедре НИТУ МИСИС

Масленникова И.В.

27.03.2026.

А.В. Кудря

