

“УТВЕРЖДАЮ”

Директор ИФТТ РАН,

Чл.-корр. РАН, профессор

_____/Кведер В.В./

“ ” _____ 2015 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Маслова Виктора Николаевича
“Морфология боковой поверхности профилированных монокристаллов
лейкосапфира, выращенных способом Степанова”,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности
01.04.07 – “Физика конденсированного состояния”

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений. Возможность получения по способу Степанова профилированных кристаллов сапфира с разнообразными формами поперечного сечения резко снижает затраты на механическую обработку и производство готовых изделий. Несмотря на то, что получение профилированных кристаллов сапфира уже реализовано на промышленном уровне, поле деятельности для совершенствования технологии и решения физических задач по-прежнему остается открытым. Это вызвано, в первую очередь, многообразием получаемых профилей кристаллов различных кристаллографических ориентаций и широтой области их применения.

Управление поперечным сечением кристалла в данном способе достигается за счет использования формообразователя. Однако для монокристаллов характерна анизотропия свободной поверхностной энергии, которая приводит к развитию на их поверхности естественных граней и других морфологических особенностей. В ряде случаев такие особенности приводит к отклонению формы кристалла от заданной.

В других случаях наоборот, гранная форма является желательной. Примером может являться выращивание базисноограненных лент сапфира, поверхность, которая не просто гладкая, а образована атомно-гладкой базисной гранью {0001} данного кристалла. Такие кристаллические изделия могут быть использованы без какой-либо дополнительной обработки как оптически прозрачные изделия или в качестве подложек в микроэлектронике. Таким образом

для кристаллов, выращенных способом Степанова проявление гранных форм является очень важным свойством.

Настоящая работа посвящена решению такой актуальной практической проблемы, как понимание механизма проявления гранных форм на боковой поверхности профилированных монокристаллов лейкосапфира, влияющих на форму кристалла при выращивании способом Степанова. Ограничение, как проявление фундаментального свойства твердого тела – анизотропии поверхностной энергии, изучено недостаточно. Поэтому изучение механизма проявления гранных форм является так же и актуальной научной проблемой. Существующие модели позволяют описывать ограниченный набор плоскостей и плохо предсказывают экспериментально получаемую форму кристаллов.

Решению этих, весьма актуальных, как с научной, так и практической точки зрения задач и посвящена рецензируемая диссертационная работа.

Научная новизна полученных результатов

В процессе выполнения работы автором получен целый ряд новых научных результатов и на их основе сформулирован ряд важных научных выводов. В первую очередь следует отметить новизну и научную значимость следующих результатов автора:

- Разработан новый оптический прибор с цифровой регистрацией для исследования особенностей морфологии боковой поверхности цилиндрических монокристаллов на количественном уровне и предложена математическая модель для интерпретации наблюдаемых отражений.

- Впервые детально изучена морфология боковой поверхности цилиндрических монокристаллов сапфира различной ориентации, выращенных способом Степанова и выявлен ряд неизвестных ранее морфологических особенностей.

- Предложена новая математическая модель расчета свободной поверхностной энергии по сечениям указательной поверхности, позволившая впервые получить полные сечения указательной поверхности свободной поверхностной энергии для трех главных ориентаций кристаллов сапфира.

- Впервые полученные результаты расчета свободной поверхностной энергии подтвердились экспериментальными данными

Данные, полученные с помощью видеогониографа и разработанного метода расчета, вносят весомый вклад в понимание таких фундаментальных свойств

твердых тел, как свободная поверхностная энергия и ее анизотропия, а также влияние этих свойств на реальную форму кристалла.

Практическая значимость полученных результатов

Большая часть полученных в диссертации результатов имеет непосредственное практическое значение.

Полученные экспериментальные и расчётные результаты могут служить основой для дальнейшего изучения влияния ограничения на форму профилированных кристаллов. Выполненные исследования являются необходимым этапом на пути решения задачи расчёта реальной формы кристалла и её отклонения от формы, задаваемой формообразователем вследствие анизотропии свободной поверхностной энергии. Это, в свою очередь, необходимо для развития методов управления формой и оптимизации процесса выращивания.

Разработанный автором видеогониограф, является уникальным инструментом изучения морфологии кристаллов, который может также стать устройством для неразрушающего экспрессного анализа разориентации кристаллов, что сейчас не позволяет делать ни один существующий метод.

Достоверность результатов работы

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов подтверждается хорошей корреляцией результатов, полученных в ходе численных исследований, с результатами экспериментов.

Основные результаты диссертации опубликованы в реферируемых журналах, поэтому они хорошо известны специалистам и рецензентам. Материалы работы неоднократно обсуждались на представительных научных конференциях.

Объем и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка терминов, списка цитируемой литературы, включающего 53 наименования, и приложений. Работа изложена на 173 листах машинописного текста, содержит 54 рисунков, 14 таблиц.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Все полученные результаты доведены автором до уровня, позволяющего рекомендовать их для практического использования на предприятиях и в организациях, занимающихся исследованием процессов выращивания кристаллов, получением монокристаллов методом Степанова и разработкой оборудования для этих процессов. К их числу относятся ВНЦ "ГОИ им.

С.И.Вавилова", ФТИ РАН, ИФТТ РАН, ИК РАН, ИОФ РАН, ОАО ЗСК "Монокристалл", НПО "Луч", НИИ "Полюс".

Замечания по работе

При общей положительной оценке работы необходимо сделать следующие замечания.

1. Было бы интересно провести сравнение видеogramм поверхностей профилированных кристаллов сапфира, выращенных при разных высотах профильных кривых менисков расплава, обусловленных тепловыми условиями на фронте кристаллизации.
2. Наиболее перспективным является использование разработанного автором видеогониографа для анализа блочной структуры выращенных кристаллов. Для оценки разориентации межугловых границ на основе анализа сдвигов пиков на графике относительных интенсивностей требуется проведение дополнительных работ по определению разрешающей способности видеогониографа.
3. Отсутствие в видеогониографе физической диафрагмы и фокусирующей системы перед матрицей видеокамеры может приводить к снижению контраста регистрируемого профиля интенсивности прошедшего на камеру излучения из-за засветок излучения, многократно отразившегося в объеме стержня. Для увеличения контраста и повышения разрешающей способности видеогониogramм можно использовать различные варианты: щель-диафрагму; объектив + «цифровая» щель; дополнительное «выделение» полезного сигнала за счет использования поляризационных эффектов при отражении; напыление зеркального покрытия.
4. Возможности разработанного экспрессного метода расчета свободной поверхностной энергии кристаллов по сечениям указательной поверхности могли бы существенно шире быть представлены не только для определения граней на образующей поверхности сапфировых стержней, но и для решения ряда других практических задач. В частности, результаты расчетов могли бы быть эффективны для прогнозирования морфологии вицинальных поверхностей при их формировании на плоскостях различной ориентации. Также методику расчетов можно эффективно использовать для оценки минимального отклонения ориентации от плоскости базиса, приводящего к возникновению ступенек на атомно-гладкой поверхности базисноограниченных лент, выращиваемых из расплава.

5. Представляет интерес использования результатов расчетов для анализа образования ограненных пор, которые являются одними из важных дефектов в кристаллах сапфира.

Заключение

Сделанные замечания, которые в основном носят характер пожеланий для последующих исследований диссертанта, не могут существенным образом повлиять на общую, несомненно, положительную оценку рецензируемой работы. Оценивая в целом диссертацию В.Н. Маслова, можно с уверенностью сказать, что работа является законченным научным исследованием и выполнена автором на высоком методическом уровне.

Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для дальнейшего развития процесса выращивания профилированных кристаллов и такой отрасли знаний, как физика конденсированного состояния. Работа свидетельствует о широкой научной эрудиции соискателя и его высоких навыках исследователя. Автореферат достаточно полно и правильно отражает содержание диссертации.

По объему выполненных задач, актуальности исследования и практической значимости полученных результатов работа Маслова В.Н. полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК, изложенным в положении № 842 от 24.09.2013 г. «О присуждении ученых степеней» и предъявляемых к кандидатским диссертациям, соответствует паспорту специальности 01.04.07, а ее автор – Маслов Виктор Николаевич заслуживает присуждения ему степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – “Физика конденсированного состояния”.

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре «Рост кристаллов» Института физики твердого тела РАН (г. Черноголовка) 16 сентября 2015 г.

Отзыв составлен:

Зав. Лабораторией профилированных кристаллов, д.т.н.

Курлов В.Н.

Подпись Курлова В.Н. заверяю:

Ученый секретарь ИФТТ РАН, д.ф.-м.н.

Абросимова Г.Е.