

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Хлыбова Олега Анатольевича
«Влияние вращающегося магнитного поля на тепломассообмен при выращивании
полупроводниковых кристаллов методами направленной кристаллизации»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Хлыбова Олега Анатольевича посвящена численному и экспериментальному исследованию влияния вращающегося магнитного поля на процессы тепло- и массообмена в методах направленной кристаллизации полупроводниковых расплавов. Основной целью работы было исследование вращающегося магнитного поля как метода управления качеством получаемых полупроводниковых кристаллов, для уменьшения неоднородностей в распределении примесей в них.

Для достижения поставленной цели в работе проведено численное моделирование процессов тепломассобмена в присутствии вращающегося магнитного поля для двух методов направленной кристаллизации: вертикальной направленной кристаллизации и метода осевого теплопотока на фронте кристаллизации. В численной части работы автором были разработаны математические модели процессов, методика решения задач, созданы алгоритмы расчетов и численные коды для решения поставленных сопряженных задач. Разработанный в ходе выполнения работы универсальный пакет численного решения сложных систем нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных сеточными методами был успешно применен для численного моделирования задач диссертационного исследования, а также других задач механики жидкостей.

В экспериментальной части работы было проведено исследование влияния вращающегося магнитного поля на течения, массоперенос и форму фронта кристаллизации при выращивании полупроводниковых кристаллов методом вертикальной направленной кристаллизации.

Автореферат диссертации Хлыбова О.А. оставляет положительное впечатление. Текст написан ясным научным языком, с четким обозначением актуальности темы исследования, ясным определением целей и задач работы. В нем определена научная новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая ценность. Математическая постановка задач основана на известной системе уравнений Навье-Стокса в приближении Буссинеска. Достоверность полученных результатов обеспечена применением известных, хорошо зарекомендовавших себя численных методов и сопоставления с опубликованными численными и экспериментальными данными.

Тем не менее, к автореферату имеются следующие замечания:

1. На стр. 9 автореферата упомянуто действие вращающегося магнитного поля на течение проводящей жидкости в цилиндре с твердыми стенками и проставлена ссылка на рис. 2, на котором, однако приведены результаты численного моделирования уже для метода вертикальной направленной

кристаллизации, из чего можно предположить пропуск описания соответствующего рисунка.

2. Недостаточно ясно прописана методика оценки уменьшения радиальной неоднородности примеси в кристалле, являющейся одним из основных результатов исследования.

Высказанные замечания не влияют на общее положительное заключение по диссертационной работе. Автореферат диссертации Хлыбова Олега Анатольевича в достаточной мере отражает результаты, выносимые на защиту. Полагаю, что работа является законченным научным исследованием, которое должно представлять интерес для физиков-экспериментаторов и инженерных работников, специализирующихся в области выращивания полупроводниковых кристаллов.

Считаю, что диссертационная работа Хлыбова Олега Анатольевича **«Влияние вращающегося магнитного поля на тепломассообмен при выращивании полупроводниковых кристаллов методами направленной кристаллизации»** отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям (в том числе соответствует второй части пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней»), а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.**

доктор физико-математических наук,
заведующий кафедрой теоретической физики
Пермского государственного национального
исследовательского университета

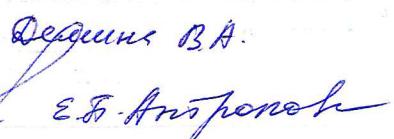
 Демин Виталий Анатольевич

04 октября 2016 г.

Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, РФ, г. Пермь, ул. Букирева, 15, кафедра теоретической физики.
Рабочий тел. 8 (342) 2396227, e-mail: demin@psu.ru

Я, Демин Виталий Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Хлыбова Олега Анатольевича **«Влияние вращающегося магнитного поля на тепломассообмен при выращивании полупроводниковых кристаллов методами направленной кристаллизации»**, и их дальнейшую обработку.




Демин В.А.
Е.Б. Антропов