ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.131.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (РТУ МИРЭА) МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 10.03.2020 №138

О присуждении Гонику Михаилу Александровичу ученой степенидоктора технических наук.

Диссертация «Выращивание монокристаллов с использованием погруженного ОТФ нагревателя в строго контролируемых тепловых условиях»в виде рукописи по специальности 05.27.06 – «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники» выполнена в обществе с ограниченной ответственности «Центр материаловедения «Фотон», принята к защите«5» декабря 2019 года, протокол № 131 диссертационным советом Д 212.131.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА), Минобрнауки РФ, Москва, 119454, проспект Вернадского, 78. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 30 человек 11.04.2012 (№ 105/нк) с учетом внесенных изменений (приказ от 22.08.2012 № 579/нк и приказ от 10.07.2015 № 770/нк).

Соискатель Гоник Михаил Александрович 1953 года рождения, гражданин Российской Федерации. М.А. Гоник закончил с отличием физический факультет Саратовского госуниверситета по специальности "Полупроводники и диэлектрики" в 1976 г. и был распределен во ВНИИ синтеза минерального сырья (г. Александров), где проработал до 2006 г.

В 1985 г. после обучения в аспирантуре Института высоких температур АН СССР без отрыва от производства защитил кандидатскую диссертацию под руководством д.т.н. Петрова В.А. Работа была посвящена высокотемпературным измерениям коэффициента теплопроводности расплавов в условиях сложного радиационно-кондуктивного теплопереноса и охватывала исследование широко класса кристаллических материалов от хлоридов и фторидов до граната и окиси алюминия.

В 1991 г. решением ВАК ему было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника по специальности «Теплофизика и молекулярная физика». Работал в должности младшего, старшего и ведущего научного сотрудника; занимал должность начальника бюро по АСНИ. В 2006 г. уволен по сокращению штатов при ликвидации института.

С 1991 г. М.А. Гоник работал заместителем директора ООО «Центр теплофизических исследований «Термо» (г. Александров), а с 2010 г. – директор ООО «ЦМ «ФОТОН» (г. Александров).

Является научным руководителем космического эксперимента «ДИСК» (Исследование процессов диффузии и сегрегации при кристаллизации кремния из металл-кремниевого расплава), введенного в 2012 г. в «Долгосрочную программу научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС».

Научный консультант – Мишина Елена Дмитриевна, профессор кафедры наноэлектроники, доктор физико-математических наук, зав. лабораторией фемтосекундной оптики для нанотехнологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

Официальные оппоненты:

1. Аветисов Игорь Христофорович, профессор, д.х.н., Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» (ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева).

2. Кульчицкий Николай Александрович, д.т.н., зам. начальника управления программного планирования и стратегического развития АО «НПО «Орион».

3. Фещенко Валерий Сергеевич, д.т.н., доцент, начальник научно-производственной лаборатории, Общество с ограниченной ответственностью «Производственно-технологический центр «УралАлмазИнвест».

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН) в своем положительном заключении о научно-практической ценности диссертации, составленном д.т.н., Колесниковым Николаем Николаевичем, заведующим лабораторией физико-химических основ кристаллизации, заместителем директора ИФТТ РАН, Емельченко Геннадием Анатольевичем, профессором, д.т.н., главным научным сотрудником лаборатории физико-химических основ кристаллизации ИФТТ РАН и утвержденным Левченко Александром Алексеевичем, доцентом, д.ф.-м.н., директором Института физики твердого тела РАН указала, что диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решены важные задачи, имеющие практическое применение в инновационных отраслях экономики, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны и повышение ее обороноспособности, что соответствует требованиям п.9 Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени доктора технических наук по специальности 05.27.06 –Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

В обсуждении диссертационной работы приняли участие: Кузьмичева Галина Михайловна, Прудников Валерий Николаевич, Петров Вадим Александрович, Трибельский Михаил Исакович.

Соискатель имеет 42 опубликованных работ по теме диссертации в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, а также индексируемых в международных базах цитирования. Кроме того, получено девять патентов на способ, устройство и управление процессом выращивания кристаллов,

Соискателем опубликовано 41 работа в материалах всероссийских и международных конференций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Гоник М.А. Направленная кристаллизация мультикристаллического кремния в условиях ослабленной конвекции расплава и газообмена // Известия ВУЗоВ. Материалы электронной техники. 2015. Т. 18. № 2. С. 95-102.

100%

1. Gonik M.A. Potential for growth of Si-Ge bulk crystals by modified FZ technique // J. Cryst. Growth. 2014. V. 385. P.38-43.

100%

1. Гоник М.А. Выращивание монокристаллов висмута и его сплава с сурьмой // Неорганические материалы. 2015. Т. 51, № 2. С. 148-156.

100%

1. Gonik M.A., Baltaretu F. Axial segregation in crystal growth from a thin melt layer // J. Cryst. Growth. 2019. V. 525 (1). 125166.

70% - постановка задачи, выбор модельного вещества, геометрии расчетной области и граничных условий, темпа охлаждения и режима кристаллизации, оценки скорости роста и распределения легирующей примеси в диффузионном приближении при затвердевании слоя германия, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией.

30% (Baltaretu F) - численные расчеты тепло- и массопереноса, редактирование статьи.

1. Гоник М.А., Baltaretu F. Как обеспечить однородное распределение примеси вдоль слитка мульти-кристаллического кремния // Известия ВУЗоВ. Материалы электронной техники. 2018. Т. 21. № 2. С. 69-82.

90% - постановка задачи, выбор модельных веществ, геометрии расчетной области и граничных условий, темпа охлаждения и режима кристаллизации, разработка алгоритма формирования однородного распределения легирующей примеси и подбора скорости роста при затвердевании слоя германия и кремния, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией.

10% (Baltaretu F) - численные расчеты тепло- и массопереноса, редактирование статьи.

1. Binetti S., Gonik M., Le Donne A., Croell A. Silicon sample grown under reduced melt convection // J. Cryst. Growth. 2015. V. 417. P. 9-15.

40% - разработка бестигельного метода роста кристаллов, разработка конструкции ОТФ нагревателя и его изготовление, подготовка и проведение эксперимента по выращиванию монокристаллов кремния, обработка данных, анализ продольного распределения легирующей примеси и сравнение с рассчитанными данными по аналитической формуле, редактирование статьи, ответы на замечания рецензентов;

35% (Binetti S, Le Donne A) – характеризация образцов, написание статьи и переписка с редакцией;

25% (Cröll A) – подготовка и проведение эксперимента по росту монокристаллов кремния.

1. Гоник М.А., Cröll A. Wagner A. Распределение Ge в слитке сплава Si0.9Ge0.1 при выращивании кристалла из тонкого слоя расплава // Известия ВУЗоВ. Материалы электронной техники. 2014. № 4. С. 246-251.

60% - разработка бестигельного метода роста кристаллов с использованием дополнительного ОТФ нагревателя, разработка его конструкции и изготовление для выращивания монокристаллов кремний-германиевого сплава, подготовка и проведение эксперимента, обработка данных, анализ полученных результатов, расчет поперечного распределения неосновного носителя, написание статьи и переписка с редакцией;

30% (Cröll A) – модернизация установки вертикальной зонной плавки, подготовка и проведение эксперимента, анализ полученных результатов и выращенных образцов монокристаллов кремния.

10% (Wagner A) – подготовка питающего стержня, анализ состава полученного образца.

1. Wagner A.C., Croell A., Gonik M., Binetti S., Hillebrecht H. Si1-xGex (x≥0.2) crystal growth in absence of a crucible // J. Cryst. Growth. 2014. V. 401, P. 762-766.

40% - разработка бестигельного метода роста кристаллов с использованием дополнительного ОТФ нагревателя, разработка его конструкции и изготовление для выращивания монокристаллов кремний-германиевого сплава, подготовка и проведение эксперимента, обработка данных, анализ продольного распределения неосновного носителя и сравнение с рассчитыанными по аналитической формуле, переработка статья после замечаний рецензента,

20% (Wagner A, Hillebrecht H.) – подготовка питающего стержня, анализ состава полученного образца, написание статьи и переписка с редакцией;

30% (Cröll A) – модернизация установки вертикальной зонной плавки, подготовка и проведение эксперимента, анализ полученных результатов и выращенных образцов монокристаллов кремния, редактирование статьи.

10% (Binetti S) – характеризация образцов

1. Гоник М.А., Cröll A. К возможности выращивания объемных кристаллов Si-Ge методом ОТФ // Известия ВУЗоВ. Материалы электронной техники. 2013. № 3. С. 12-19.

90% - разработка метода роста, доработка конструкции и изготовление нагревателя ОТФ, обработка данных эксперимента, проведение численных исследований устойчивого роста кремния и его сплава, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией;

10% (Cröll A) – дополнительный анализ выращенных образцов монокристаллов.

1. Gonik M.A. and Cröll A. Silicon crystal growth by the modified FZ technique // CrystEngComm. 2013. V.15 (12). P. 2287 – 2293.

70% - разработка метода роста с использованием дополнительного погруженного ОТФ нагревателя, разработка конструкции и изготовление нагревателя, подготовка и проведение эксперимента, обработка данных, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией;

30% (Cröll A) – модернизация установки вертикальной зонной плавки, подготовка и проведение эксперимента, анализ полученных результатов и выращенных образцов монокристаллов кремния, редактирование статьи.

1. Гоник М.А., Гоник М.М., Томсон А.С. Влияние условий кристаллизации на однородность состава CdZnTe // Неорганические материалы. 2009. Т. 45. № 10. С. 1182-1191.

80% - проектирование и разработка конструкции, изготовление и монтаж установки для роста кристаллов ОТФ методом при давлении до 150 атм., проведение серии экспериментов по выращиванию кристаллов, разработка автоматической системы управления в качестве постановщика, подготовка и проведение эксперимента, обработка данных, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией;

10% (Томсон А.С.) – технология подготовки исходной шихты для кристаллизации;

10% (Гоник М.М.) – конфигурирование автоматической систпемы управления и разработка программного кода для работы в среде LAbView.

1. Golyshev V.D., Gonik M.A., Tsvetovsky V.B. Spectral Absorptivity and Thermal Conductivity of BGO and BSO Melts and Single Crystals // Int. J. Thermophysics. 2008. V. 29. No. 4. P. 1480-1490.

60% - разработка, изготовление и настройка аппаратуры для измерения теплопроводности расплава и кристалла, проведение высокотемпературных измерений, обработка данных с учетом радиационно-кондуктивного теплопереноса, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией;

30% (Golyshev V.D) – измерение спектрального коэффициента поглощение кристаллов и расплава

10% (Tsvetovsky V.B.) – конфигурирование автоматической системы управления.

1. Гоник М.А., Ткачева Т.В. Выращивание монокристаллов-сцинтилляторов CsI в контролируемых условиях // Неорганические материалы. 2007. Т. 43. № 11. С. 1401-1408.

90% - проектирование и разработка конструкции, изготовление и монтаж установки для роста кристаллов ОТФ методом в условиях насыщенных паров, проведение серии экспериментов по выращиванию кристаллов, испытание конструкции тигля без дна, обработка данных, анализ полученных результатов, в том числе условий нарушения морфологической неустойчивости, написание статьи и переписка с редакцией;

10% (Ткачева Т.В.) - технология подготовки исходной шихты для кристаллизации, подготовка тиглей из плавленого кварца, редактирование статьи;

1. Gonik M.A., Lomokhova A.V., Gonik M.M., Kuliev A.T., Smirnov A.D. Model for on-line control of crystal growth by the AHP method // J. Cryst. Growth. 2007. V. 303/1, P. 180-186.

40% - постановка задачи численных исследований роста кристаллов ОТФ методом, выбор модельных веществ, геометрии расчетной области, темпа охлаждения и режима кристаллизации, анализ изменения граничных условий, в том числе на боковой поверхности при росте германия и йодистого цезия, разработки критериев для построения упрощенной модели и подходов для управления в реальном масштабе времени, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией;

30% (Kuliev A.T., Smirnov A.D.) – настройка программного кода CGSim для численных исследований глобальной задачи тепло- и массопереноса при росте кристаллов ОТФ методом, проведение расчетов, редактирование статьи;

15% (Lomokhova A.V) – разработка двухмерно модели, математического алгоритма и программного кода кристаллизации с использованием ОТФ метода;

15% (Гоник М.М.) – разработка програмного обеспечения работы группы цифровых ПИД-регулятор, взаимодействующих с численной моделью кристаллизации германия, идентификация ростовой установки как объекта управления.

1. Bykova S.V., Golyshev V.D., Gonik M.A., Tsvetovsky V.B., Balikci E., Deal A., Abbaschian R., Marchenko M.P., Frjazinov I.V., Vlasov V.N., Serebrjakov J. The experimental–numerical investigation of instability of faceted Ge doped by Sb growth on the base of AHP method // J. Cryst. Growth. 2005. V. 275/1-2. P. 229-236.

25% - обсуждение постановки задачи, разработка конструкции кристаллизатора и тигля, а также их изготовление, подготовка и проведение экспериментов, обработка результатов, редактирование статьи,

30% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи, обсуждение конструкции кристаллизатора и тигля, подготовка и проведение экспериментов, обсуждение полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией.

5% (Bykova S.V.) – подготовка шихты для перекристаллизации, протравливание образцов.

5% (Tsvetovsky) – настройка автоматической системы.

20% (Balikci E., Deal A., Abbaschian R.) – постановка задачи, расчет критерия неустойчивости, обсуждение полученных результатов, редактирование статьи,.

10% (Marchenko M.P., Frjazinov I.V.) – описание численными методами параметров кристаллизации в процессе эксперимента редактирование статьи,

5% (Vlasov V.N., Serebrjakov J.) – характеризация образцов германия.

1. Balikci E., Deal A., Abbaschian R., Bykova S.V., Golyshev V. D., Gonik M.A., Tsvetovsky V.B., Marchenko M.P., Fryazinov I.V. A study of morphological stability of faceted interfaces in antimony doped germanium single crystals grown by the axial heat processing method // Crystal Growth & Design. 2004. V. 4. No. 2. P. 377-381.

25% - обсуждение постановки задачи, разработка, изготовление и поставка коллегам установки для выращивания германия, обсуждение полученных результатов, редактирование статьи

10% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи, обсуждение полученных результатов, редактирование статьи.

3% (Bykova S.V.) – обсуждение полученных результатов.

2% (Tsvetovsky) –. обсуждение полученных результатов

55% (Balikci E., Deal A., Abbaschian R.) – постановка задачи, подготовка и проведение экспериментов, расчет критерия неустойчивости, обсуждение полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией.

5% (Marchenko M.P., Frjazinov I.V.) – описание численными методами параметров кристаллизации в процессе эксперимента, редактирование статьи,

1. Golyshev V.D., Gonik M.A. Heat Transfer in Growing Bi4Ge3O12 Crystals under Weak Convection: II. Radiative-conductive heat transfer // J. Cryst. Growth. 2004. V. 262. P. 212-224.

80% - обсуждение постановки задачи, исследование радиационно-кондуктивного теплопереноса при росте кристалла, влияние гранного роста на характер режима кристаллизации, написание статьи и переписка с редакцией.

20% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи, редактирование статьи.

1. Golyshev V.D., Gonik M.A., Vasilyev Ya.V., Shlegel V.N. Heat Transfer in Growing Bi4Ge3O12 Crystals under Weak Convection: I. Thermophysical properties of bismuth germanate in solid and liquid state // J. Cryst. Growth. 2004. V. 262. P. 202-211.

45% - обсуждение постановки задачи, измерение теплопроводности и обработка результатов в условиях радиационно-кондуктивного теплопереноса, написание статьи и переписка с редакцией.

40% (Golyshev V.D) - обсуждение постановки задачи, измерение коэффициента поглощения, редактирование статьи.

15% (Vasilyev Ya.V., Shlegel V.N.) - обсуждение постановки задачи, выращивание образцов для исследований, перевод статьи на английский.

1. Golyshev V.D., Gonik M.A., Tsvetovsky V.B. Study of thermal conductivity close to the melting point // High Temp.- High Press. 2003/2004. V. 35/36. P. 139-148.

55% - обсуждение постановки задачи, разработка методики, конструкции измерительных ячеек, подготовка и проведение экспериментов, измерение контактного сопротивление, измерение теплопроводности, обработка результатов, в том числе в условиях радиационно-кондуктивного теплопереноса, написание статьи и переписка с редакцией.

40% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи, разработка метода измерений, обсуждение конструкции и полученных результатов, редактирование статьи.

5% (Tsvetovsky) – настройка автоматической системы .

1. Golyshev V.D., Gonik M.A. On suggestion of standard reference material to measure thermal conductivity of semitransparent melts // High Temp.-High Pres. 2001. V. 33. P. 639-646.

80% - обсуждение постановки задачи, разработка методики, конструкции измерительных ячеек, в том числе из молибдена и платины, подготовка и проведение экспериментов, измерение коэффициента теплопроводности, подборка и анализ результатов измерений по литературным источникам, обработка данных в условиях радиационно-кондуктивного теплопереноса, оценка погрешностей измерений, написание статьи и переписка с редакцией.

20% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи и полученных результатов, редактирование статьи.

1. Васильев Я.В., Голышев В.Д., Гоник М.А., Колесникова Э.Н., Цветовский В.Б., Шлегель В.Н., Юферев В.С. Определение зависимости переохлаждения грани (211) BGO от скорости роста из данных по зависимости переохлаждения от времени при заданном темпе охлаждения расплава // Журнал технической физики. 2000. Т. 70. Вып. 5. С. 109-111.

30% - обсуждение постановки задачи, разработка конструкции измерительной ячейки из платины, подготовка и проведение экспериментов, измерение величины переохлаждения и оценка скорости роста, обработка данных, построение кривых зависимостей и оценка величины кинетического коэффициента, редактирование статьи;

40% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи, разработка метода и методики измерения переохлаждения, конструкции и настройка оптической схемы, проведение эксперимента, анализ полученных результатов, написание статьи и переписка с редакцией.

15% (Юферев В.С.) - обсуждение постановки задачи, исследование численными методами радиационно-кондуктивного теплопереноса, расчет поправок, редактирование статьи

10% (Васильев Я.В., Колесникова Э.Н., Шлегель В.Н.,) - обсуждение постановки задачи, подготовка образца для исследования, подготовка эксперимента, обсуждение полученных результатов

5% (Цветовский В.Б.) – обеспечение работы системы управления.

1. Golyshev V.D., Gonik M.A., Tsvetovsky V.B. Problems of Bi4Ge3O12 and Li2B4O7 single crystal growth by crucibleless AHP method // J. Cryst. Growth. 1999. V. 198/199. P. 501-506.

50% - обсуждение постановки задачи, разработка методики, конструкции теплового узла и его изготовление, переработка конструкции ОТФ нагревателя из платины, метода юстировки при высокой температуры и юстировочного узла, подготовка и проведение экспериментов, обработка данных, построение зависимости качества закристаллизованного материала от условий получения, написание статьи и переписка с редакцией.

45% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи, разработка бестигельного метода ОТФ роста монокристаллов, конструкции кристаллизации и ОТФ нагревателя, подготовка и проведение эксперимента, анализ полученных результатов, редактирование статьи

5% (Цветовский В.Б.) – обеспечение работы системы управления.

1. Golyshev V.D., Gonik M.A. Apparatuses for high-temperature measurements of the thermophysical properties of semitransparent media // High Temp.-High Pres. 1994. V. 26. P. 595-603.

60% - обсуждение постановки задачи, разработка методики измерений и конструкции измерительных ячеек из платины, подготовка и проведение экспериментов, проведение высокотемпературных измерений коэффициента теплопроводности расплавленного германата висмута, обработка данных в условиях радиационно-кондуктивного теплопереноса и расчет истинной (решеточного) величины теплопроводности, оценка погрешностей измерений, написание статьи и переписка с редакцией.

40% (Golyshev V.D.) - обсуждение постановки задачи, измерение спектрального коэффициент поглощения монокристалла германата висмута обсуждение полученных результатов, редактирование статьи.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов:

1. От В.М. Аникина, доктора физико-математических наук, профессора, декана физического факультета Саратовского национального исследовательского университета имени Н. Г. Чернышевского – отзыв положительный.

Основные аспекты характеристики диссертации сформулированы жанрово точно и дают преставление о содержательной ценности работы соискателя. В отзыве присутствует следующее замечание:

Включение в заглавие диссертации узкоспециальной аббревиатуры «ОТФ» является, мне кажется, уязвимым лишь с коммуникационной точки зрения, но, естественно, не отражается на положительной оценке диссертации.

2. От В.И. Бредихина, доктора физико-математических наук, с.н.с., ведущего научного сотрудника, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород - отзыв положительный. В отзыве присутствуют следующие замечания:

- В диссертации основное внимание уделяется к зоне ОТФ. Не теряются ли при этом требования к другим зонам: подготовки расплава, вытягивания кристалла? Каково их влияние на качество кристалла?

- Глава 4 (космическая) стоит в диссертации особняком. По логике ее можно было бы сделать последней.

Указанные замечания не являются определяющими, возможно они более соответствуют логике автора, и не влияют на общую, несомненно, положительную оценку работы.

3. От Л.И. Ивлевой, доктора технических наук, главного научного сотрудника Отдела лазерных материалов и фотоники Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН - отзыв положительный. В отзыве отсутствуют замечания.

Отмечено, что Гоник М.А. является известным специалистом в области синтеза, исследования и применения кристаллических материалов, его работы хорошо известны научной общественности. Настоящее исследование вносит существенный вклад в разработку новых технологий полупроводниковых и диэлектрических материалов, а сам автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

4. От А.В. Гектина, доктора физико-математических наук, профессора, главного научного сотрудника Института сцинтилляционных материалов Национальной Академии наук Украины - отзыв положительный. В отзыве отсутствуют замечания.

Отмечено, что проделанная соискателем работа характеризуется научной новизной и имеет большое практическое значение. Работы автора достаточно хорошо опубликованы и известны широкому кругу специалистов, работающих в области разработки технологии роста монокристаллов. Они имеют постоянный позитивный отклик научной общественности, широко обсуждались на многочисленных научных конференциях. Указано, что диссертационная работа представляется законченной работой, удовлетворяет всем критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание доктора технических наук.

5. От И.А. Денисова, кандидата технических наук, начальника лаборатории полупроводниковых соединений A2B6 АО «Гиредмет» - отзыв положительный. В отзыве присутствуют следующие замечания:

- Первое положение, выносимое на защиту, содержащее тезис о том, что использование тонкого слоя расплава позволяет управлять характером конвективных потоков и, в предельном случае, полностью ее подавить и использовать диффузионную модель переноса массы и тепла, является давно установленным фактом, не требующим дополнительных доказательств или экспериментальных подтверждений.

- В тексте автореферата присутствует путаница со ссылками на математические соотношения, которая затрудняет восприятие изложенной информации. Всего в тексте представлено три математических соотношения. В тоже время, на стр.31 присутствует ссылка на соотношение (5), а на стр. 33 при описании рисунка 36 в тексте приводится ссылка на соотношение (2), а в подрисуночной подписи на соотношение (4).

- Второй вывод по результатам работы содержит тезис: — «…С помощью предложенной локальной модели роста кристаллов из тонкого слоя расплава впервые осуществлена идентификация ростовой установки как объекта управления…». Утверждение «впервые» вызывает сильные сомнения.

Отмечено, что указанные недостатки не снижают общего высокого мнения о диссертационной работе Гоника М.А.

6. От А.И. Жмакина, доктора физико-математических наук, научного консультанта АО «Группа СТР» и В.В. Калаева, кандидата физико-математических наук, технического директора АО «Группа СТР» – отзыв положительный. В отзыве отсутствуют замечания.

Указано, что диссертационная работа соответствует всем требованиям на соискание ученой степени доктора технических наук, а автор, безусловно, заслуживает присвоения искомой степени.

7. От С.П. Кобелевой, кандидата физико-математических наук, с.н.с., доцента ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» – отзыв положительный. В отзыве присутствует следующее замечание:

К недостатку работы можно отнести несколько преувеличенное утверждение о возможности роста кристалла из расплава без тигля за счет обнаруженного эффекта удержания расплава с кристаллом за счет сил поверхностного натяжения. Поскольку, как следует из результатов работы, капиллярная устойчивость сохраняется для расплавов кремния и его сплавов с германием только до 11-18 мм, то можно говорить только о возможности выращивания кристаллов в методе ОФТ без контакта подкристальной области расплава с тиглем.

Отмечается, что приведенное замечание не снижают ценности новых решений и результатов, полученных автором. Диссертационная работа представляется законченной научно-квалификационной работой, имеет важное фундаментальное и практическое значение, удовлетворяет всем критериям Положения ВАК «О порядке присуждении ученых степеней».

8. От Александра Молчанова, Доктора-Инженера, действительного члена немецкого общества роста кристалла и Льва Кадинского, Доктора-Инженера, действительного члена немецкого общества роста кристалла – отзыв положительный. В отзыве отсутствуют замечания.

Отмечено, что в диссертации убедительно показано: предложенный метод не имеет ограничений по размеру выращиваемого монокристаллического кремния. Это делает его конкурентно способным современному методу плавающей зоны, который ограничен теоретическим пределом в 250-300 мм в диаметре кристалла, в части получаемого кристаллического материала для солнечной энергетики. В этом смысле практическая значимость работы не вызывает сомнений.

9. От Т.В. Ткачевой, кандидата физико-математических наук, директора ООО «Научно-производственная фирма «Тапал» – отзыв положительный. В отзыве отсутствуют замечания.

Отмечено, что выполненные с помощью разработанной ростовой аппаратуры исследования характеризуются не только научной новизной, но и большим потенциалом в их практическом применении. Автором впервые решена задача проращивание монокристаллов внутри сеток двумерных матриц. Такой подход при правильном подборе материала сетки в перспективе сулит возможность изготовления целиком элемента для матричного детектора.

10. От А.И. Непомнящих, профессора, доктора физико-математических наук, заслуженного деятеля науки РФ, главного научного сотрудника лаборатории физики монокристаллов ФГБУН Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН – отзыв положительный. В отзыве отсутствуют замечания.

Констатируется, что на основании выполненных исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области физики и технологии роста кристаллов с прогнозируемыми свойствами в управляемых условиях роста.

Автор является известным специалистом в области роста кристаллов, а его работа вносит существенный вклад в развитие этого направления.

11. От С.В. Быковой, главного технолога ООО КристалсНорд и В.Б. Цветовского, ст. научного сотрудника ООО КристалсНорд – отзыв отрицательный. В отзыве присутствуют следующие замечания:

- Являясь соавторами этих статей вместе с Гоником М.А. и Голышевым В.Д. утверждаем, что методики и результаты НИР, взятые Гоником М.А из статей и отчетов, выполненных по договорам, проектам и грантам опубликованных до 2007 года (приложение 1, 2), и включенные им в диссертацию, являются результатом коллективного труда сотрудников ВНИИСИМС и ООО ЦТИ Термо (в число которых входили Быкова С. В, Гоник М. А., Цветовский В. Б.) под научным руководством Голышева В. Д., как автора идей всех методов исследования и аппаратуры Гоник М. А., являясь одним из исполнителей, работавшим под руководством Голышева, присвоил себе весь материал.

Представив результаты НИР, полученные в период с 1986 по 2007 год, как личный и самостоятельный вклад, Гоник М.А. нарушил наши авторские права, не выделив своего личного вклада, т.к. в соответствии с требованиями ВАК к докторским диссертациям( п.14 Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней") обязан был указать, что работа выполнена совместно с коллективом соавторов, сослаться на источник совместной публикации и выделить свой личный вклад в описываемый им в диссертации совместный результат. Гоник М.А. работал исполнителем по выделенному ему Голышевым В.Д. направлению, а именно, отвечал за реализацию идей Голышева В.Д. в части работы с конструкторами и изготовителями аппаратуры по ОТФ методу (основная сфера ответственности), и наряду с нами участвовал в проведении экспериментов по росту кристаллов, для ряда экспериментов обрабатывал результаты и готовил граничные условия для численного моделирования, а также достаточно много времени уделял административной деятельности.

Следует отметить, что до 2007 г. у Гоника М. А. не было ни одной самостоятельной работы, в связи с этим Гоник М.А не имеет права без указания совместной работы и без ссылок на совместные работы и от своего имени представлять результаты, полученные до 2007 года по следующим направлениям: новый ОТФ метод роста монокристаллов в тигельном и бестигельном варианте и аппаратура для их реализации, система автоматизации ОТФ роста кристаллов и управление по одномерной модели, разработка численной модели ОТФ метода "Карма 1" и аналитических выражений, описывающих течение и перенос массы в условиях ОТФ метода, исследование особенностей тепло и массопереноса при росте кристаллов полупроводников и диэлектриков ОТФ методом, визуализация течения расплава, определение условий получения однородных кристаллов, использования ОТФ метода для исследования условий нарушения морфологической устойчивости межфазной поверхности и эффекта гранного роста, измерения in situ переохлаждения грани и определение кинетической зависимости, использование ОТФ метода в условиях микрогравитации и как альтернативы космическим исследованиям.

В диссертации Гоником М.А. нарушены следующие пункты требования, предъявляемых докторским диссертациям Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней":

1. п. 9. Гоником М.А не создано нового направления, так как "изложенные новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны " созданы и реализованы Голышевым В.Д., как научным руководителем всех работ с участием коллектива сотрудников, в число которых входил и Гоник М. А. до 2007 года., поскольку Научным руководителем всех проектов и работ по данным направлениям, генератором идей был Голышев В. Д. (приложение 1), а это означает, что именно Голышевым создано новое направление в области методов исследования процессов при росте кристаллов, а также ОТФ аппаратуры и ОТФ технологии роста монокристаллов

2. п. 14 "В диссертации соискатель ученой степени обязан ссылаться на автора и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов." Гоник М.А. не только не сослался на большинство совместных работ, не оценив своего вклада по тексту диссертации, но допустил в ней прямое заимствования из работ Быковой С. В. и Цветовского В. Б. опубликованных без участия Гоника М.А не сославшись на эти наши публикации. Эти работы обобщили наши исследования, представленные ранее в совместных публикациях (Приложение 2) по тем направлениям исследований, за которые научным руководителем Голышевым В.Д, мы были назначены ответственными и которые фиксируют наш личный вклад в совместные исследования. К этим публикациям относятся следующие наши работы:

Быкова С.В. “Тепло - массоперенос и формирование состава при кристаллизации полупроводниковых соединений в условиях ламинарных течений расплава методом ОТФ”, сборник трудов 6й международной конференции “Рост монокристаллов и тепломассоперенос” Обнинск, 25-30 сентября, 2005, том 1, стр. 85 – 94. (Приложение3).

Цветовский В.Б. “Метод ОТФ как инструмент исследования межфазной кинетики”, сборник трудов 6й международной конференции “Рост монокристаллов и тепломассоперенос” Обнинск, 25-30 сентября, 2005, том 4, стр. 665– 674 (Приложение4).

Эти заимствования приведены в диссертации Гоника М.А. на следующих страницах.

Из работы Быковой С. В. стр. 89 рис.2а, стр. 91 рис.5 в, стр. 93 рис. 7, 8, стр. 93 рис. 7б, в, г (приложение 3),: изложены Гоником М.А. в диссертации на стр. 223 рис. 5.12, стр. 265 рис.6.16, стр. 273 рис. 6.23а, стр. 274 рис.6.24 а, стр. 220 рис.5.7. Из работы Цветовского В.Б стр. 669 рис.2, стр 671 рис.5 (приложение 4), изложены Гоником М.А. в диссертации на стр. 229 рис.5.19 ; стр. 271 рис 5.27,

3. п. 10. Предложенные решения не аргументировал и не оценил по сравнению с другими известными решениями. В диссертации и автореферате Гоника М.А. неправильно отражена актуальность работы. По факту эта работа в части выращивания монокристаллов Ge и CdZnTe не актуальна, т.к. описывает результаты коллектива в области аппаратуры и исследования условий получения однородных по составу кристаллов методом ОТФ, полученные до 2004 года. На тот момент эти результаты не имели практического значения. Были выращены блочные слитки (см. рис.5.7 стр. 220 диссертации), а результаты по однородности состава были не воспроизводимы. При этом Гоник М.А не приводит в диссертации и автореферате ссылок (хотя прекрасно их знает) на результаты полученные коллективом (Быковой С.В, Голышевым В.Д., Цветовским В.Б.), после 2007 года, которые вылились в создание опытного производства монокристаллов Ge и CdZnTe методом ОТФ (www.crystalsnord.ru) и защищены следующими патентами.

1. Патент № 2434976 "СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ МЕТОДОМ ОТФ Cd1-XZnXTe, ГДЕ 0≤x≤1, ДИАМЕТРОМ ДО 150 мм" Авторы: Голышев В. Д., Быкова С. В., Цветовский В. Б.

2. Патент № 2 633 899 СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ Cd1-XZnXTe, ГДЕ 0≤x≤1, НА ЗАТРАВКУ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ ИНЕРТНОГО ГАЗА" Авторы: Голышев В. Д., Быкова С. В.

3. Патент № 2381305 СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ ДИАМЕТРОМ ДО 150 мм МЕТОДОМ ОТФ Авторы: Голышев В. Д., Быкова С. В., Цветовский В. Б.

Авторские права по патентам "Способ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ГЕРМАНИЯ ДИАМЕТРОМ ДО 150 мм МЕТОДОМ ОТФ"," СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ МЕТОДОМ ОТФ Cd1XZnXTe, ГДЕ 0≤x≤1, ДИАМЕТРОМ ДО 150 мм", СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ Cd1-XZnXTe, ГДЕ 0≤x≤1, НА ЗАТРАВКУ ПРИ ВЫСОКОМ ДАВЛЕНИИ ИНЕРТНОГО ГАЗА" принадлежат Голышеву В. Д., Быковой С. В., Цветовскому В. Б.

Единственной организацией, занимающейся производством монокристаллов методом ОТФ для практических применений, является в настоящее время ООО КристалсНорд (www.crystalsnord.ru). Мы члены коллектива, разрабатывающего метод ОТФ под руководством Голышева В.Д. по настоящее время, и создавшего опытное производство, утверждаем, что работа Гоника М.А., описывающая в части роста монокристаллов Ge и CdZnTe методом ОТФ старые результаты коллектива, ни в части технологии, ни в части аппаратуры практического применения не имеет.

4. Гоником М.А. нарушены авторские права. Им получено 4 патента, в том числе 2 из них с единственным автором Гоником М. А., (приложение 5 ), поданные Гоником М.А. в 2007 г. после попытки устранения Голышева из ООО ЦТИ Термо и лишения права действовать без доверенности законного директора (в 2009 г права Голышева были восстановлены в судебном порядке). Действие патентов прекращено, т к они не имеют какого либо практического значения (сайт ФИПС открытые реестры). Заявки на патенты были поданы с нарушением Патентного законодательства: 1. их подало неуполномоченное лицо не имеющее права на подачу заявки (подача осуществлялась зам директором Гоником М. А.); 2. нарушены авторские права коллектива, осуществлявшего эти разработки под научным руководством Голышева В. Д. Данный факт всегда может быть оспорен в суде и в Патентном ведомстве.

5 Предоставил ложные сведения о практической ценности и об использовании выращенных на тот момент монокристаллов CdZnTe. Полученные до 2005 года поликристаллические слитки CdZnTe (рис.5.7 стр. 220 диссертации Гоника М. А.), обладали низким удельным сопротивлением и низкой величиной произведения подвижности на время жизни носителей заряда, с большим включением теллура и они не были пригодны для изготовления детекторов ядерного излучения.

6. Неверно утверждение Гоника М.А. о практическом использовании кристаллов Ge выращенных до 2003года. На стр. 13 Практическая значимость Гоник М. А. пишет: "Определили набор технологических параметров, обеспечивающих формирование равномерно легированных по сечению и высоте монокристаллов Ge, в том числе большого диаметра." Ложь - на тот момент не было монокристаллов Ge ни большого, ни малого диаметра. Во всей диссертации нет доказательной базы данного тезиса: нет фотографий германия, вырезанных из них пластин, анализа распределения допанта на больших диаметрах, а рис. 6.16 на стр 265 заимствован из работы Быковой С. В., рис. 6.15 заимствован из совместной работы , выполненной под руководством Голышева (приложение 3, 13). Нарушен п. 10 "В диссертации, имеющей прикладной характер, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов" Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней", т к на стр. 14 Практическая значимость Гоником М. А. представлена полностью ложная информация "Разработанные методики и аппаратура, в частности, позволяют применять полученные материалы и выращенные кристаллы в качестве: ― детекторов гамма-квантов и сцинтилляционных матриц в системах контроля безопасности рентгеновских лучей, ― детекторов ядерных излучений и детектирующих модулей, ― подложек для наращивания на них сильнонапряженных сверхтонких слоев кремния, ― элементов солнечных преобразователей." Сотрудники ООО "КристалсНорд" в составе тех директора ктн Голышева В. Д, гл. технолога Быковой С. В., ст. научный сотрудник Цветовского В. Б. провели подробный анализ по каждому соединению, в части самостоятельной работы Гоника М. А и обоснование некорректности выводов и фальсификации данных, приведённых в диссертации находится в приложениях 6-10, 12 . В табл 1приведены характеристики всех кристаллов , описываемых в диссертации Гоником М. А.: часть 1- под научным руководством Голышева В. Д., часть 2 - как самостоятельная работа.

Итог работы Гоника М. А.:

1. Всего по результатам, полученным коллективом до 2007 года, опубликовано совместных статей (одним из авторов которых является Гоник М. А.), упоминаемых в диссертации 65 из 98 (приложение 2). Это говорит о том, что материал, включенный Гоником М.А. в диссертацию, по результатам полученных коллективом до 2007 года, которые он не имеет права представлять от собственного имени, составляют основную часть научных достижений, представленных в диссертации. 2. Отсутствие научных и практических результатов после 2005 г. :

 Не было получено ни одного монокристалла кристалла CsI (Tl)

 Не было получено ни одного монокристалла в сквозных отверстиях сеток для матричных детекторов

 Мультикристаллический слиток среднего качества, но хуже по параметрам стандартного с большими непроверенными надеждами, что в дальнейшем будет лучше......если.

 Показана возможность получения слитков SiGe модифицированным методом плавающей зоны с сильно неоднородным распределением Ge на 15 мм в продольном направлении в диапазоне от 5 до50%, с дефектами, трещинами и т.д.

 Показана возможность получения бесдислокационного Si модифицированным методом плавающей зоны с большим количеством включений и дислокаций по всему объёму (не нашло отражение диссертации, зато нашло отражение в статье на этом же материале. )

 Планируемые на будущее и нереализованные космические эксперименты , а следовательно, не имеющие реальных результатов не являются научным достижением и следовательно, не могут использоваться в диссертации (приложение 13,14).

Диссертация не соответствует следующим пунктам Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней": п.14 - обязан был указать, что работа выполнена совместно с коллективом соавторов, сослаться на источник совместной публикации и выделить свой личный вклад в описываемый им в диссертации совместный результат, п. 14 - "В диссертации соискатель ученой степени обязан ссылаться на автора и (или) источник заимствования материалов или отдельных результатов.", п.9 - новое направление в области роста кристаллов и методов исследования процессов при росте кристаллов, а также ОТФ аппаратуры и ОТФ технологии роста монокристаллов, имеющим большое практическое значение создано Голышевым В. Д., а не Гоником М.А., п.10 выполненная работа Гоником М.А., не имеет практической ценности, не была аргументирована и оценена по сравнению с другими известными решениями. В соответствии с вышесказанным диссертация не удовлетворяет требованиям к докторским диссертациям, а ее автор – Гоник Михаил Александрович не заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

- Применение ОТФ метода для роста CsI (Tl), разработка и изготовление установки для этого проводились в рамках выполнения работ по гранту Программы содействия грантам АФГИР RUE2-5029-AV-09 «Growth of Perfect Largesize Single crystals of Paratellurite for High Performance Acousto-optic Devices» под руководством Гоника М. А. Цель проекта была, как видно из названия, выращивание крупногабаритных, высокосовершенных монокристаллов парателлурида.

Как сотрудники принимавшие участие в проекте имеющие с ним общую публикацию (ссылка [126] диссертации, приложение 2) заявляем, что в диссертации, посвященной описанию результатов по этому направлению сообщается ложная информация в части причин не выполнения проекта, в части использования численных моделей для проектирования установки.

Проект был не выполнен из-за неудачного проектирования, т.к. не удалось достичь уровня температуры плавления парателлурида и работа ограничилась ростом CsI (Tl). Гоник М.А. ссылается на позднюю поставку платиновых деталей не соответствует действительности. Однако это не так: платиновые детали были получены в августе месяце, а грант кончался в декабре. В действительности причиной не выполнения было не правильное проектирование установки: малая толщина слоя изоляции. Изоляцией был обмазан фоновый нагреватель и из-за того, что внешний диаметр изоляции лимитировался внутренним диаметром корпуса (узлы установки представлены на стр 144 рис. 3.24 г ) толщина изоляции оказалась мала. Поэтому температуры плавления парателлурида не удалось достичь.

Гоник М. А. утверждает что " Код и результаты расчетов GSM были использованы для проектирования и изготовления ОТФ установки, в которой осуществляли рост кристаллов CsI (Tl) [126] (стр. 49 диссертации, приложение\_2). Но установка создавалась для парателлурида по проекту и тепловой узел , созданный Гоником М. А. с учетом использования вышеописанного кода не позволил создать требуемое тепловое поле для роста парателлурида.

Было проведено всего 3 эксперимента по росту кристаллов CsJ диаметром 58мм. Кристаллы были неоднородны по составу. Это видно из рисунка представленного на стр. 240, рис . 5.28 диссертации, где показан кристалла, который можно назвать самым удачным экспериментом. Его цвет неоднороден из-за неравномерного распределения таллия. Из этого кристалла можно было вырезать только пару образцов 15\*15\*5 мм стр.240 рис. 5.30. Неоднородность состава кристалла, выращенного Гоником М.А., вызвана неправильным применением метода ОТФ. Для получения однородного состава необходимо, в соответствии с коэффициентом сегрегации Tl, по разному легировать зоны под и над ОТФ нагревателем. При этом нельзя использовать метод кристаллизации, связанный с перемещением вниз ОТФ нагревателя, как это описано в диссертации на стр. 147: На затравку с зазором надевают кварцевый тигель без дна с внутренним диаметром приблизительно 56 мм, который в нижней части высотой 25 мм предварительно изнутри обрабатывают, придавая ему более правильную цилиндрическую форму диаметром около 60 мм. Засыпают шихту CsI с добавками активатора в виде гранул TlI и размещают внутри тигля ОТФ нагреватель с 2 хромель-алюмелевыми термопарами в чехле из кварцевого стекла..... Кристаллическую заготовку, на которой устанавливают перепад 120-140 0С, расплавляют сверху на 5-10 мм, контролируя толщину слоя с помощью ОТФ нагревателя погружением его до упора в поверхность кристалла." При использовании такого способа Гоником М.А. нарушается принцип ОТФ метода, так как произойдет обмен концентрацией Tl между зонами, а в зоне под ОТФ нагревателем произойдет нарушение сформировавшегося поля концентрации. В результате получается заметно неоднородный по составу кристалл, что у Гоника М.А. и вышло. На стр. 289 диссертации Гоник М. А. пишет: "Изучен феномен существенного изменения реальной скорости кристаллизации, даже при незначительных, в целом, вариациях тепловых условий, что позволило связать момент выпадения металлического Tl и возникновения так называемых «двухмерных встроек» при выращивании монокристалла CsI (Tl) с пиковым значением скорости роста." Это утверждение Гоника М.А. в корне не верно. Во-первых, для изучения любого феномена требуется гораздо большее число эксперимента для получения доказательной базы. Во-вторых, оно противоречит хорошо изученной физике процессов и методам исследования морфологической неустойчивости. Исследование морфологической неустойчивости решается другим путём, а именно нахождением соотношений скорости роста, осевого градиента, высоты слоя расплава, расчётного распределения состава при которых наступает морфологическая неустойчивость с реальным распределением состава, полученным анализом вещества, который не проводился в данной случае. Тем более, что расчёт состава , выполненный Гоником недостоверен, т. к. получить однородный по составу кристалл при использованным им способе проведения эксперимента невозможно. Из описания, приведенного им на стр. 242 рис. 5.32 б диссертации эксперимента, видно, что осевой градиент 50 град/см - это достаточно большой градиент и он уменьшался в ходе эксперимента одновременно с высотой слоя расплава рис. 5.32 а. Это может быть только в одном случае, если уменьшается температура на ОТФ нагревателе. Таким образом, ясно, что система управления не справляется с управлением несмотря на заявленную Гоником М.А. точность управления до 0,05 град. Как результат резко возрастает скорость роста, вызывая морфологическую неустойчивость. Таким образом никакого феномена не существует. В результате большой скорости роста и большого темпа охлаждения возникло большое количество дислокаций, превышающее в исходном образце на 2 порядка. Гоник М.А. пишет на стр. 240 диссертации "Изучение структуры образцов методом катодолюминесценции в видимом диапазоне и в отраженных электронах (см. Рисунок 5.32) показало, что в полученном нами образце плотность дислокаций в некоторых областях выше примерно на два порядка. Этого можно было ожидать, так образцы после выращивания нами не отжигались." Это все лишь голословные утверждения, не проверенные экспериментально, т.к. дислокации могут иметь разную природу возникновения и не все они убираются отжигом. На стр. 143 в этой же диссертации Гоник М. А. утверждает: "Таким образом выросший кристалл при температуре ниже начала пластической деформации (обычно для различных монокристаллов эта величина составляет примерно 2/3 от температуры плавления) находится вне тигля, не испытывает термические напряжения и не требует дополнительного отжига после завершения кристаллизации и доставания его из тигля (ростовой камеры)." Противоречие на противоречии - по методике кристалл растёт без напряжений, но на деле оказывается, что он не просто напряженный, а очень, дислокаций на 2 порядка выше, чем в затравке до эксперимента. На стр.243 Гоник М. А. пишет:" По своим сцинтилляционным характеристикам оба образца, как это можно судить по данным на Рисунке 5.33, примерно одинаковы." Однако не указывает, что представленные Гоником М.А. спектры (стр. 243 Рис. 5.35 диссертации) показывают, что материал спектрального, но плохого качества, гораздо хуже монокристалла CsI (Tl) с завода ОАО «Кристалл» (Усолье-Сибирское), т. к. каналы сдвинуты влево.

Работы были проведены в 2005 г., продолжения они не получили в связи с отсутствием результатов, на настоящий момент нет кристаллов морфологически устойчивых CsI (Tl), выращенных Гоником М.А. Патент № 2338815 «Способ выращивания монокристаллов-сцинтилляторов на основе иодида натрия или цезия и устройство для его реализации», авторы В.Д. Голышев, М.А. Гоник, Т.В. Ткачева, на который в диссертации ссылается Гоник М.А. прекратил действие в 2009 г. в связи с тем что по нему было невозможно получить практические результаты. При этом в мире давно разработаны технологии по росту кристаллов CsI (Tl) высокого качества и диаметром свыше 300 мм. Таким образом, выращенные Гоником М.А. кристаллы, по сравнению с имеющимися на рынке, маленького размера, неоднородны, имеют большое число дислокаций и худшие спектральныпе свойства. Практического и научного значения полученные в этом направлении результаты не имеют.

- Выращивание сцинтилляторов в сквозных отверстиях сеток. На стр. 149 диссертации Гоник. М.А. пишет «Задача разработки надежной технологии формирования монокристаллического матриала в ячейках сетки матричного детектора была поставлна Т.В. Ткачевой (НПФ «Тапал») и успешно решена совместными усилиями при поддержке со стороны инженерно производственного Центра МИРЭА с использованием ОТФ метода кристаллизации на установке дл роста монокристаллов йодистого цезия, допированного таллием. Соответствующий способ и устройство были нами запатентованы [224]. – это ложь, поскольку по данной работе в 2005 г. было проведено 2 эксперимента, оба неудачные – расплав не затек в отверстия, после этого работы были прекращены. Это только идея, воплощенная в патенте № 2344207 «Способ выращивания монокристаллов в сквозных отверстиях сеток для матричных детекторов и устройство для его реализации», без реальных подтверждений: нет ни кристаллов, ни проведенных анализов, ни детекторов, изготовленных на их основе. На стр. 151 диссертации Гоник. М.А. пишет: «Далее повторяют все операции, приведенные в предыдущем примере, и после охлаждения достают кристалл с проращенной сеткой (см. Рисунок 3.30).» и «Рисунок 3.30. Сетка с отверстиями гексагональной формы размером 100 мкм (внутри больших гексагональных ячеек) перед проращиванием CsI». Зачем демонстрировать сетку без кристалла- непонятно. Работы проведены в 2005 г., продолжения они не получили в связи с отсутствием результатов, на настоящий момент нет ни технологии, ни кристаллов. Патент № 2344207 прекратил действие в 2009 г. Итог: результата нет.

- Рост кристаллов Bi. Материал, представленный в диссертации Гоника М.А. по росту кристалла Bi, основан на его публикации: “Выращивание монокристаллов висмута и его сплава с сурьмой//Неорганические материалы. 2015. Т. 51. № 2. С. 148-156 (ссылка [189] диссертации). На стр. 148 этой статьи Гоником М. А. определены цели данной работы: “При такой постановке задачи представляется чрезвычайно интересным осуществить эксперимент по росту кристалла, в котором будет реализован контроль за кривизной фронта кристаллизации. Значительным препятствием для проведения подобного эксперимента является высокая температура, при которой получают соединения Si–Ge. Поэтому исследователи при изучении закономерностей роста твердых растворов используют низко температурные соединения и сплавы с близким характером растворимости, соотношением плотностей, параметрами решетки и температурами плавления каждого из компонентов. Наиболее подходящим для этих целей является сплав висмут–сурьма [2, 3]." На стр. 223 диссертации, глава 5.2.3. Гоник М. А. пишет: "Для изучения влияние создаваемого поля температур на характер течения и формирование той или иной кривизны формы фронта кристаллизации нами был проведен цикл экспериментальных исследований при росте кристалла висмута. Выращивание монокристаллов висмута осуществляли с использованием лабораторной установки [189], разработанной для кристаллизации металлов и сплавов на воздухе в диапазоне температур от 100 до 500 0С."

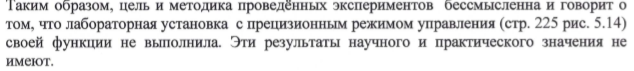
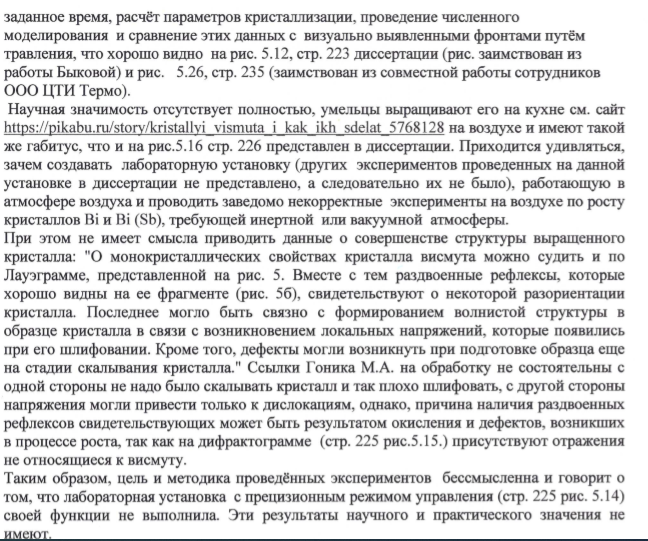
Целесообразность этой работы Гоника М.А. вызывает сомнение. Во-первых, вопрос изучения влияния поля температур на характер течения расплава и формирование формы фронта кристаллизации был изучен ранее при росте ОТФ методом Ge и GaSb с высокой точностью. Это отражено, в том числе в рисунках 5.12; 5.26 на стр.223; 235диссертации Гоника М.А., взятых из работы Быковой С.В. (приложение 3 стр. 89 рис. 2а), а также был изучен в работе Голышева В.Д. с соавторами (Golyshev V.D., Marchenko M.P., Frjazinov I.V., "Effect of boundary temperature condition on the shape of phase/phase inteface, melt flow and inpurity distribution during the growth on single crystals by the AHP method" , Single crystal growth and heat & mass transfer, 2001, Obninsk, pp.715-724 ). При этом ни в статье Гоника М.А., ни в его диссертации не описывается граничных условий по температуре и как они влияли на характер течения расплава.

Во-вторых, использование в качестве модельного вещества Bi-Sb для исследования процессов при росте Ge- Si, абсолютно неверно. Свойства Bi далеки от теплофизических свойств Ge-Si, к тому же он является сильно анизотропным кристаллом. К Ge-Si по свойствам гораздо ближе германий. Поэтому использовать его в качестве модельной среды для Si-Ge некорректно. Тем более что диаграммы Si–Ge и Bi-Sb заметно отличаются друг от друга. В тоже время, кривизна фронта кристаллизации и структура течения в ОТФ методе определяется также структурой, параметрами решетки и т. д. из-за его склонности к огранению фронта кристаллизации, что видно из габитуса, выращенных кристаллов Bi (см. таблицу ниже).

Кроме того, Bi–Sb и Bi не выращивается на воздухе из-за окисления. На стр. 155 абзац 2 работы 189 Гоником М. А. сообщается:" Вырастить на воздухе монокристалл из сплава Bi–Sb не удалось. В отличие от висмута, сурьма взаимодействует с кислородом воздуха, имеющимся в расплаве. Продукты окисления препятствуют росту зерна, и вырастает поликристалл." После этого (стр.289 диссертации) в заключении п. 7 Гоник М.А. делает вывод: "Экспериментально установлено, что благоприятная для роста выпуклая форма фазовой границы, как в висмуте, так и в его твердом растворе с сурьмой формируется даже при небольшом перегреве края ОТФ нагревателя относительно его центра." Этот вывод не корректен, т.к. диаграмма состояния оксида сурьмы и висмута (получено в реальном эксперименте Гоником М.А.), не одно и тоже, что для чистого сплава висмут–сурьма.

- В диссертации на стр. 12 (научная новизна) Гоником М. А. утверждается: "Теоретически для Ge0.95Si0.05 и экспериментально при выращивании висмута продемонстрирована возможность управления формой фазовой границы (от вогнутой до выпуклой) за счет изменения направления и величины радиального градиента температуры в расплаве.".

В этом утверждении нет ни какой новизны. Во-первых, разработаны методики выявления формы фронта кристаллизации при росте кристаллов Ge(Sb) и GaSb(Te) в ООО ЦТИ Термо под руководством Голышева В. Д. позволили выявить основные закономерности формирования формы фронта кристаллизации (см. рисунки настоящего приложения выше). Влияние радиального градиента температур на форму фронта кристаллизации это свойство как ОТФ метода, так и других методов. Тем не менее, показано в работе Голышева В.Д. с соавторами (Golyshev V.D., Marchenko M.P., Frjazinov I.V., "Effect of boundary temperature condition on the shape of phase/phase inteface, melt flow and inpurity distribution during the growth on single crystals by the AHP method" , Single crystal growth and heat & mass transfer, 2001, Obninsk, pp.715-724 ), что формы фронта кристаллизации также сильно зависит и от распределения температуры на боковой поверхности системы расплав-кристалл. Кроме того, недостаточно для одного соединения выполнить расчеты с какими то граничными условиями, и сравнивать результаты с экспериментом выполненным для другого вещества. Для получения достоверных данных необходимо провести полные исследования: постановка меток в



- Рост кристалла Si-Ge.

В главе 6.1.2. Условия постоянной концентрации на всей длине кристалла на стр. 258 диссертации Гоник М. А. рассуждает о необходимости решения задачи получения однородных по составу кристаллов Si-Ge: и проводит описание своего эксперимента: "Кристаллы Si-Ge выращивали модифицированным методом плавающей зоны в установке бестигельной зонной плавки с радиационным нагревом [231], описанной в разделе 3.2.3. В качестве затравки использовали монокристаллический кристалл кремния, ориентированный в направлении <100>. Питающий стержень готовили из шихты составом 79.8 at% Si и 20 at% Ge, с добавками 0.2 at% B." Далее он начинает анализировать эксперимент и с этого момента имеют место противоречивые данные, что говорит о недостоверности результатов:

1. На стр. 260, рис. 6.10 б показан выращенный SiGe слиток (показано ниже). Из графика распределения германия в кремнии видно, что длина выросшего слитка составляет 100 мм, однако это не так, т.к. на микрофотографии имеется шкала 5 мм и весь слиток (выросшая часть) составляет 15 мм, из них монокристаллическая область по центру (жёлтая линия) - 7 мм, а поликристаллическая часть 8 мм.

Рисунок 6.10. Кристалл Si-Ge (a), EDX линейное сканирование (желтая линия) вдоль выросшего кристалла (б). Зеленая линия соответствует измерениями Ge поперек кристалла для = 1.5 мм, точки 1 на краю и 3 оси кристалла принадлежат одной и той же полосе роста.

2. На рис. 6.12, стр.263 диссертации представлены результаты расчётов по одномерной модели, на основе которых Гоник М.А. утверждает о хорошем их совпадении с экспериментом. Эти расчеты и рисунок 6.12 абсолютно не достоверны по следующим причинам.

Во-первых, на рисунке 6.12 (рисунок представлен ниже) приводится расчет для длины 15 мм от затравки, в то же время, как видно из рис. 6.10, выросшая монокристаллическая часть всего 7 мм. Расчеты и их сравнение с экспериментом за пределами монокристаллической части в 7 мм (в области поликристалла) не имеют смысла, т.к. не достоверны экспериментальные данные.

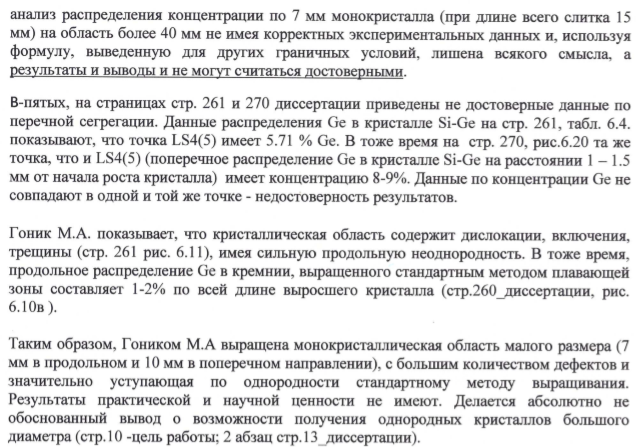
Во-вторых, как видно из рис. 6.12, по расчетам Гоника М.А., рост концентрации германии составляет от 7 до 17% на всей длине слитка 15 мм. В тоже время по экспериментальным данным, приведенным Гоником М.А. (рис. 6.10, см. выше) возрастание концентрации германии составляет от 7% до 50% вдоль всего выросшего слитка длиной 15 мм. Таким образом, имеет место фальсификация данных, так как Гоник М.А. распространяет данные, полученные для 7 мм кристалла, на 15 мм и утверждает о хорошем совпадении эксперимента с расчетом.

В-третьих, Гоник М.А. применил для расчета формулу 2.1, которая выведена Фрязиновым И.В. по постановке Голышева В.Д. для других граничных условий: должен быть плоский фронт кристаллизации и не должно быть наличия свободной поверхности расплава (конвекции Марангони).

В-четвертых, Гоник М. А. утверждает, что (2 абзац стр. 262 диссертации): "При анализе мы ограничились рассмотрением изменения концентрации Ge областью первых 15 мм выросшего кристалла", а затем бездоказательно рассматривает распределение концентрации германия за пределами 15 мм выросшего слитка: "Таким образом, при выбранной технике эксперимента, чтобы получить пластину из сплава Si-Ge, однородную по длине, первые 30-40 мм придется отрезать. Либо необходимо в самом начале ростового эксперимента обеспечивать концентрацию Ge в расплаве под ОТФ нагревателем, в зависимости от желаемого состава твердого раствора, в соответствии с соотношением C1=C2/k0." Учитывая фальсификацию данных на первых 15 мм слитка, утверждение Гоника М.А. по поводу распределения концентрации за пределами 15 мм абсолютно не достоверно.

При этом следует отметить, что, пытаясь достичь однородности состава Si-Ge, Гоник М.А. при постановке эксперимента не использовал достоинство ОТФ метода, заключающееся в раздельном легировании зон и использовании формулы C1=C2/k0, на которую он ссылается, как на способ получения однородного кристалла. Это, судя по описанию аппаратуры, используемой Гоником М.А., сделать не возможно (установка не специализирована под бестигельный ОТФ метод, система управления тоже не соответствует – нет требуемых каналов управления и контроля для этого метода). Поэтому его утверждение о возможности роста однородного кристалла Si-Ge, абсолютно бездоказательно и не проверено экспериментально.

Кроме того, Гоник М. А. сам указывает (диссертация стр. 262, последний абзац): "В последующем скорость кристаллизации выросла (при завершении ростового цикла на несколько порядков), поэтому применение соотношения (2.1) в этих условиях становится невозможным.” Таким образом, за пределами 7 мм кристалла, когда начался рост поликристалла, формула 2.1. не применима. Поэтому попытка Гоника М.А. провести



- Выращивание кристаллов Si. Мультикристаллический кремний. Результаты по мультикристаллическому кремнию по какой-то причине размещены в главе совершенство структуры (стр. 275 диссертации, глава 6.3). Этот материал не может относящийся к кристаллам с совершенной кристаллической структурой структурным совершенством, а может характеризоваться только потребительскими свойствами. При этом Гоник М.А. сам пишет (стр. 276 диссертации): "Вместе с тем, стоимость производства совершенных монокристаллов значительно выше, чем мультикристаллических слитков и лент.", соглашаясь, что мультикристаллический кремний имеет не совершенную структуру. Этот казус один из многих в диссертации страдающей логическими неувязками.

В этой части работы Гоник М.А. не использует ОТФ метода и не применяет тонкого слоя расплава. Выполнен, судя по представленному материалу, только один эксперимент по получению слитка малого размера с плавающей на поверхности расплава графитовой пластиной. Гоник М.А. не скрывает, что "Измеренные параметры слитка соответствуют среднему качеству мультикристаллического кремния: удельное сопротивление в диапазоне от 1 до 1.3 Ом·см, а время жизни неосновных носителей достигало 3.7 мкс в его верхней части." (стр. 278 диссертации). Таким образом, получен слиток среднего качества (хуже чем эталонный), слиток не большого для такого кремния размера. Это говорит об отсутствии перспектив промышленного применения результатов диссертации. Сделан ничем неподтверждённый вывод, что в дальнейшем качество будет лучше, если.....(стр. диссертации 280 абзац 2). Гоник М.А, исходя из своих же результатов, и всего по одному эксперименту, делает абсолютно не обоснованный вывод (стр. 280 диссертации): "Иными словами, первое время пластина является интенсивным источником поступления углерода в расплав, но затем происходит ее «пассивация», и поступление углеродосодержащих продуктов из нее практически прекращается. При таких обстоятельствах можно предположить, что повторное применение пластины уже не будет влиять какимлибо образом на общий фон углерода в кремнии. " На стр 276 из рис . 5.27 а чётко видно, что углерод стабильно на протяжении всего процесса кристаллизации поступал в кремний и его концентрация углерода сохраняется практически в пределах ошибки по всей высоте кристалла и нигде не падает до 0. Поэтому тезис Гоника о том, что "поступление углеродосодержащих продуктов из нее практически прекращается" находится в противоречии с экспериментальными данными. Также предположение "повторное применение пластины уже не будет влиять каким-либо образом на общий фон углерода в кремнии" является всего лишь предположением, которое не обосновано.

- Монокристаллический кремний (раздел 6.3.2, стр.282 диссертации). Этот раздел содержит ложные данные и подтасовки. Стр.282 диссертации, строка 5, Гоник М.А. пишет (цитата №1): "Сказанное подтверждает эксперимент, в котором по мере роста монокристалла кремния менялись условия формирования конвекции, и, как следствие, ее интенсивность и скорость течения расплава [229]. Для этого в процессе роста уменьшали толщину слоя расплава под погруженным нагревателем с 7 до 2 мм так, что отношение h/D где-то через 25 мм после начала кристаллизации приблизилось к значению 0.15, что соответствует одномерной картине теплообмена и, как видно на Рисунке 6.28б, плоскому (слегка выпуклому в расплав) фронту кристаллизации. Практически начиная с этого момента, имел место бездислокационный рост кремния, о чем свидетельствует появление на поверхности кристалла характерной полоски."

Стр. 283 диссертации, строка 12, Гоник М.А. пишет (цитата №2): В целом дефекты структуры, связанные с наноразмерными SiC/SiOx преципитатами, а также дислокации в материале не наблюдаются.

Материал диссертации основывается на опубликованных статьях, в частности: Michael A. Gonik\*a and Arne CroЁll\* " Silicon crystal growth by the modified FZ technique" CrystEngComm, 2013, 15, 2287–2293 (приложение 11). Оба утверждения, приведенные в диссертации (цитата №1 и №2) не соответствуют действительности. Из приведенных выше цитат видно, что Гоник утверждает, что были получены бесдислокационные кристалла, в которых дефекты не наблюдались. На самом деле на стр. 2292 работы Michael A. Gonik\*a and Arne CroЁll\* " Silicon crystal growth by the modified FZ technique" CrystEngComm, 2013, 15, 2287–2293 содержаться совсем другие данные: были получены кристаллы с большим количеством дефектов: дислокации, включения, двойники, была выращена очень малая зона монокристалличности. Это видно из сравнения рисунка 6.29 диссертации на стр. 282(соответствует рисунку 8 эксперимент №2), и рисунков 8 и 9 из упомянутой выше статьи Michael A. Gonik and Arne CroЁll (приведено ниже, стр. 3 настоящего приложения), а также из приведенного и переведенного нами отрывка из этой статьи. Отрывок из статьи: "In crystal growth during the second experiment, the growth stripe was observed characteristic for Si single crystal growth in the [111] direction (Fig. 8a #2). However, after four minutes of processing the stripe disappeared. The assumption of reduced crystallinity was proven in studies of the already grown crystal which revealed a lot of twins. Large inclusions, probably of SiC particles captured by the melt from the surface of the AHP heater, were found in all the crystal at high magnification of its image (Fig. 9). These inclusions seem to be a source of linear and point defects. Large aggregations of dislocations are observed around these inclusions which giverise to twin formation." Перевод: "При росте кристаллов во втором эксперименте наблюдалась полоса роста, характерная для роста монокристалла Si в направлении [111] (рис. 8А №2). Однако через четыре минуты процесса полоса исчезла. Предположение о уменьшении кристалличности определено исследованиями уже выращенного кристалла, которые выявили много двойников. Крупные включения, вероятно, частицы SiC, захваченных расплавом с поверхности ОТФ нагревателя, были обнаружены во всем кристалле при большом увеличении его изображения (рис. 9). Эти включения, по-видимому, являются источником линейных и точечных дефектов. Вокруг этих включений наблюдаются большие скопления дислокаций, которые приводят к формированию двойников." Таким образом, Гоник М.А. в диссертации фальсифицировал результаты своих экспериментов, представив данные не соответствующие реальным результатам исследований, опубликованные ранее в своих статьях. Тем самым, полностью отсутствует достоверность представленных в диссертации материалов по этому направлению. Получены кристаллы с большим количеством дефектов: дислокации, включения, двойники, чрезвычайно малого для кремния диаметра (15 мм) с небольшой областью выросшего монокристалла. Работа не имеет ни научного, ни практического значения.

- ГЛАВА 4. АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗА-ЦИИ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

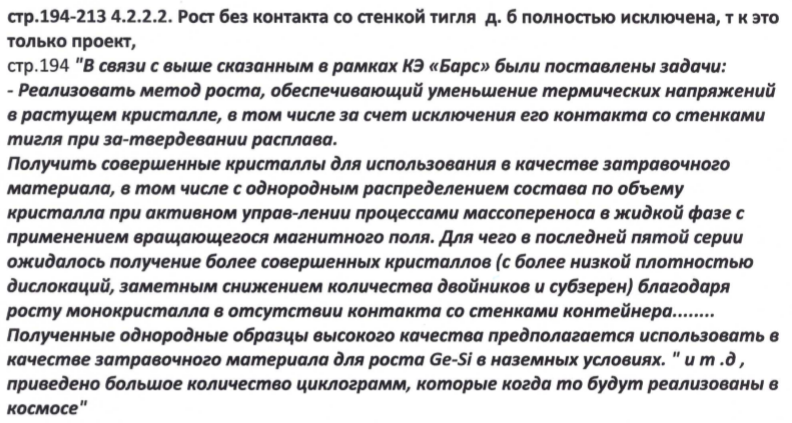
стр. 176-213 ГЛАВА 4. АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ должна быть полностью исключена: 1. Необходимость в проведении космических экспериментов с использованием ОТФ метода - идея и обоснования Голышева В. Д. 2. Наземные исследования проводились Цветовским В. Б. , Гоником М. А. и Быковой С. В. под руководством Голышева В. Д 3. 4.2.1. Печь «Кратер-ВМ» на борту станции «МИР» - не реализованная идея( в космосе не использовалась и соответственно не была экспериментально опробована), результатов в космосе не получено. 4. Вся глава полностью переписана с научно технического отчёта по теме Исследование влияния возмущений на массоперенос при росте диэлектриков и полупроводникоов методом ОТФ в космических условиях, заключенном между ВНИИСИМС и МНТЦ ПНКО в лице ген директора В. П. Никитского , выполненного под руководством Голышева (приложение 13) .

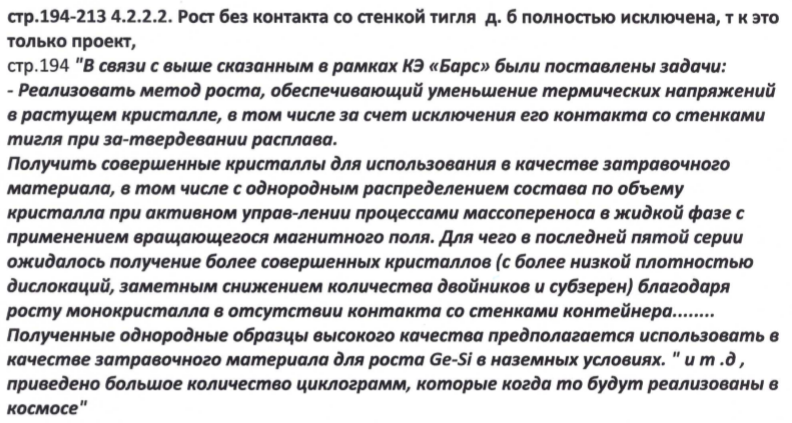
стр. 187 4.2.2. Печь «МЭП-01» на борту МКС должна быть полностью исключена, т к это только проект , что должны будут сделать в будущем. " Для осуществления КЭ печь должна иметь несколько нагревательных секций,....... Вытягивание должно осуществляться в диапазоне скоростей 0.2-2 мм/час и обеспечивать общее перемещение от 45 до 70 мм. " и т .д.

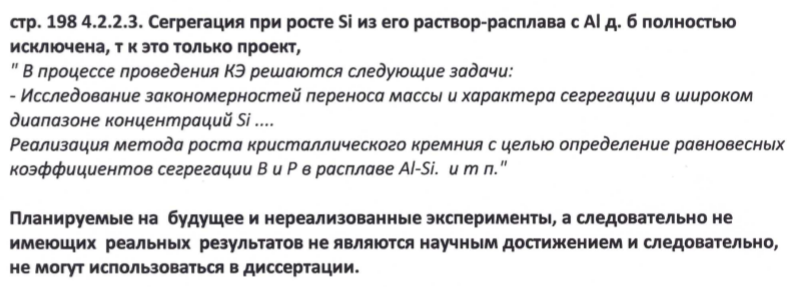
стр. 188 -194 4.2.2.1. Диффузия в твердых растворах должна быть полностью исключена, т к это только проект, результаты планируются получить в неопределённом будущем: "Объектом исследований являются полученные монокристаллы твердых растворов германия и кремния, выращенные на борту ПКК из расплава тигельным и бестигельным методом ОТФ. В первых двух сериях планировалось провести отработку техника эксперимента. Испыта-ния двух различных конструкций ОТФ нагревателя проводятся при росте слабо концентриро-ванных Ge0.995Si0.005 и сильно концентрированных Ge0.85Si0.15 кристаллов. В третьей серии исследуются явления диффузии и сегрегации для разных значений концентраций,....Четвертая серия ростовых экспериментов состоят каждая из четырех сеансов по росту кристаллов Ge1-xSix с использованием вращающегося магнитного поля в зоне расплава, что, как ожидается, ликвидирует неблагоприятное влияние реальных динамических воздействий на борту ПКК на однородность состава и свойств выращиваемых кристаллов....... Полученные в КЭ результаты предполагалось использовать, в частности: - Для проверки применимости модели пограничного концентрационного слоя Бартона-Прима-Слихтера и уточнения модели для кристаллизации концентрированных расплавов.

- Для нахождения коэффициентов диффузии кремния в расплаве Ge-Si.

- При изучении фундаментальных электрофизических свойств твердых растворов Ge-Si в области концентрации кремния 14% и выше, в которой происходит изменение структуры зон проводимости материала."







12. От В.Д. Голышева, директора ЦТИ «Термо» – отзыв отрицательный. В отзыве присутствуют следующие замечания:

- Вклад Гоника М.А. в общую работу заключался в организации работ по изготовлению аппаратуры для роста кристаллов ОТФ методом и исследования теплопроводности: контролировал ход проектирования и изготовления аппаратуры, отвечал за заказ комплектующих и материалов, проводил измерения теплопроводности расплавов и кристаллов при высокой температуре, проводил обработку данных по теплопроводности, а также, как и остальные члены коллектива, проводил эксперименты по росту кристаллов и подготовки граничных условий для выполнения численных расчетов по программе Карма, которые передавались в ИММ РАН для расчетов.

1. В диссертации Гоника М.А представлена ложная информация о размере его личного и самостоятельного вклада в исследования. В автореферате и диссертации Гоник М.А. утверждает, что диссертация отражает его личный и самостоятельный вклад по всем направлениям, представленных в диссертационной работе. Он указал, что его личный вклад заключается "..в постановке и обосновании задач исследования, разработке методик экспериментального исследования по всем направлениям, представленным в диссертационной работе, разработке теоретических моделей, проведении расчетов, обработке и анализе основных результатов. Все экспериментальные результаты работы получены либо автором лично, либо при его непосредственном участии". Это утверждение Гоника М.А. ложно.

Материал, включенный Гоником М.А. в диссертацию и автореферат, состоит из двух неравноценных частей, как по объему, так и по содержанию. Большая часть научно значимого материала, включенного в диссертацию, описывает результаты научных исследований, полученные до 2005 года коллективом работников из ВНИИСИМС и ООО ЦТИ Термо. В коллективе принимал участие и Гоник М.А. Коллектив выполнял исследования под моим научным и административным руководством и реализовывал мои идеи и разработки. Я, как научный руководитель, ставил и обосновывал задач исследования, разрабатывал методик экспериментального исследования, ставил задачи при разработке численных моделей соисполнителями, анализировал полученные результаты. Таким образом, часть диссертации Гоника М.А., посвященная описанию методов и результатов, полученных до 2005 года, не является личным вкладом Гоника М.А. и, как не завершенная часть работы, не является практически значимой для технологии роста кристаллов, т.к. не может быть внедрена непосредственно.

К результатам, включенным Гоником М.А. в диссертацию, и являющимся плодом коллективного труда под моим научным и административным руководством по которым он не указал личного вклада и не сослался на совместные работы в полном объеме, относятся результаты по следующим направлениям 1. Разработка методов и аппаратуры для исследования теплопроводности и спектрального коэффициент поглощения некоторых кристаллов и расплавов при высокой температуре (раздел диссертации 2.2, за исключением раздела 2.2.4 в части описания РКТ и раздела 2.2.6), исследования в этом направлении проводились в рамках тематики ВНИИСИМС и грантов (приложение 1); 2. АСУ ТП роста кристаллов и теплофизических измерений (раздел 2.3., за исключением стр.93-94 в части описания формы фронта мениска расплава и раздела 2.3.4 стр. 98 - 102 в части описания использования двумерной модели и управления по этой модели в реальном времени), исследования в этом направлении проводились в рамках тематики ВНИИСИМС (приложение 1); 3. Разработка основ ОТФ метода и аппаратуры для роста кристаллов тигельным и безтигельным ОТФ методом (гл. 1.3. диссертации, стр. 27-29, гл. 2.1.1.1 и 2.1.12 стр. 32-40, глава 3 за исключением стр. 106 - 109, посвященных описанию лабораторной установки, стр. 123-125 (установка для роста сплава Ge-Si ) и разделов 3.1.1.3, 3.1.2.2, 3.1.2.3., 3.2.3.1, 3.2.3.4) исследования в этом направлении проводились в рамках тематики ВНИИСИМС (приложение 1); 4. Разработка численной модели адаптированной под ОТФ метод (Карма 1), исследования в этом направлении проводились в рамках грантов. 5. Исследование особенностей тепло и массопереноса при росте кристаллов полупроводников (за исключением Si, Ge-Si, мульти кремний) и диэлектриков ОТФ методом (за исключение роста CzI), визуализации течения расплава, определение условий получения однородных кристаллов проводились в рамках тематики ВНИИСИМС – (приложение 1); 6. Использование ОТФ метода как инструмента исследования процессов при росте кристаллов: 6.1. нарушение морфологической устойчивости межфазной поверхности, 6.2. эффект гранного роста, 6.3. измерение переохлаждения грани и определение кинетической зависимости - исследования в этом направлении проводились в рамках тематики ВНИИСИМС – (приложение 1); 7. Использование ОТФ метода в условиях микрогравитации в части подготовки космического эксперимента на печи Кратер-ВМ (раздел диссертации 4.2.1) – приложение 5.

В части разработки ОТФ метода им фактически присвоено авторство ОТФ метода. В диссертации, при описании ОТФ метода, Гоник М.А. не упоминает автора и основного разработчика ОТФ метода - Голышева В.Д. В главе 1 и 2 диссертации он описывает достоинства метода ОТФ и используемые для его реализации режимы кристаллизации. В связи с тем, что Гоник М.А. не является разработчиком ОТФ метода, он не в полной мере понимает сформулированные мной принципы метода. Поэтому он не объяснил, откуда взялись формулы 2.1., 2.9, 3.1. Это привело к тому, что им проделана работа, которая вообще не имеют смысла для ОТФ метода (Раздел 2.1.3.1 стр. 53 – 56). ОТФ метод был спроектирован так, что бы тепловые осевые потоки и условия кристаллизации менялись слабо в зависимости от радиуса и длины кристалла. Подтверждение правильности формулы для управления по одномерной модели (формула 2.9), которая выведена из давно известных теплофизических расчетов и примененных мной к росту кристаллов не требуется, она проверена экспериментально и численно экспериментально (см. Приложение 7 статья Быковой С.В) по совпадению рассчитанных по одномерной модели с экспериментальными данными измерения толщины слоя расплава в ходе ОТФ роста. Не является его достижением и управление по термопарам расположенным на объекте по одномерной модели (стр. 12 пункт 3 научной новизны работы). Этот подход предложен и реализован мной и просто является реализацией одного из сформулированных мной принципов ОТФ метода. Этот подход описан во многих совместных статьях, в том числе в статье, описывающей разработанную под моим руководством систему автоматизации (приложение 2).

В диссертацию Гоник М.А. включил материал не являющийся его личным вкладом и в части разработки установок для роста кристаллов ОТФ методом. К этим материалам относится материал, представленный в главе 3 диссертации по следующим установкам и результатам полученным на них. 1. Установка, представленная Гоником М.А. на рис. 3.1 и 3.2 стр. 104-106 разработана в ООО ЦТИ Термо в рамках гранта (Приложение 1), установка 3.2а поставлена в рамках этого гранта по договору в Университет Мадрида. 2. Установка представленная на рис. 3.20, 3.21, 3.22 стр. 134-138 разработана в ООО ЦТИ Термо в рамках гранта (Приложение 1). 3. Установка, представленная Гоником М.А., которая была поставлена во Флориду, рис. 3.5 стр. 113, на рис. 3.10 стр. 121 и 3.11, стр. 122 разработана в ООО ЦТИ Термо в рамках гранта (Приложение 1). 4. Три установки представленные Гоником М.А. на рис. 3.7 стр. 118, рис. 3.9 стр. 121, рис. 3.31,3.32,3.33 стр.153 - 159, рис. 3.38, стр. 166 изготовлены на базе переделок стандартных установок "Донец1", "Кристалл 2", "Гранат" для отработки и проверки технических решений разработанных мной в рамках тематики ВНИИСИМС (приложение 1). 5. Установка, представленная Гоником М.А., на рис. 3.14 стр. 25 разработана в ООО ЦТИ Термо в рамках проекта РФТР (Приложение 1).

Таким образом, из 10 установок представленных Гоником М.А. в диссертации проектирование и изготовление упомянутых выше установок 7 установок, а также полученные на этих установках данные не являются личным вкладом Гоника М.А., а являются результат труда коллектива под моим руководством.

Из описанных им в диссертации установок только три установки разработаны Гоником М.А.: лабораторная установка для выращивания при низких температурах (рис. 3.3., стр. 107), установка для выращивания CzI(Tl) - рис. 3.25, ст. 145 и частично установка для выращивания Ge-Si, рис. 3.12, стр. 123 (создана в основном по чертежам установки поставленной ЦТИ Термо в рамках гранта (приложение 1).

Описание остальных технических средств для выращивания мультикремния (Рис. 3.18, стр. 130) и выращивание бестигельным методом Ge-Si и Si, описанных Гоником М.А. в диссертации, представляют собой описание оснастки для использования ОТФ метода на стандартных и уже имеющихся установках. Это не может считаться разработкой установок для роста кристаллов ОТФ методом, так как использовались не специализированные установки с неадаптированной к методу системой управления.

Таким образом, с учетом выращенных им на этих установках дефектных слитков малого размера диссертация не может, на мой взгляд, быть представленной по специальности 05.27.06 – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники.

В диссертации имеет место не достоверная информация и подтасовка. К такой недостоверной информации относятся, например, следующие утверждения. Раздел 2.1.2 стр. 49 приведена не достоверная информация и подтасовка в части утверждения о том, что установка для роста CzI была спроектирована и изготовлена на основе глобального моделирования. На самом деле установка проектировалась без связи с моделированием, моделирование проводилось параллельно изготовлению.

На стр. 51 приведена не достоверная информация и подтасовка в части утверждения о том, что узлы установки для роста CdZnTe и их расположение были подобраны под результаты численного моделирования, на самом деле установка проектировалась без связи с моделированием, наоборот расчеты Дерби и Еккеля использовали хоть и не реальные температурные граничные условия, но близкие по абсолютной величине температуры и градиенту температуры, сформировавшихся в установке в процессе роста. Его ссылки на рис. 2.3.а и б стр. 52 - 53 (не указав, что это расчеты Дерби и Еккеля) безосновательны, т.к. их расчеты проводились не для реальных тепловых условий и не соответствовали экспериментальным данным по форме фронта кристаллизации.

На стр. 72 диссертации (описание к рисунку 2.29) приведена не достоверная информация и подтасовка в части утверждения о том, что им измерялись спектры поглощения: "Сопоставление на одном графике [150] спектров поглощения экспериментально исследованных нами веществ...". Это ложное утверждение он не имел отношения к измерениям спектра поглощения, эти исследования проводились лично мной без участия Гоника М.А (приложение 3 и приложение 4).

В диссертации Гоника М.А. текст изложен так, что можно понять, что все работы выполнены им самостоятельно. Например, при изложении результатов численного моделирования в разделе 2.1.1.3, стр. 40 – 43 приведены данные Дерби и Еккеля, полученные в рамках гранта АФГИР (приложение 1), Гоник к этой работе отношения не имел, задачу для моделирования перед группой из Миннесоты ставил Голышев В.Д. В связи с этим он не правильно описал результаты представленные на рис. 2.5 это не формирование граней, а динамика формы фронта кристаллизации (Дерби и Еккеля не считали огранение), поскольку Гоник не ставил задачу по моделированию для группы из Минесоты).

На стр. 43-45 приводится моделирование с использованием пакет из Фраунгофера Ge-Si при росте в тигле диаметром 50 мм на земле и в космосе, экспериментально подтверждения результатов в диссертации не представлено.

Привлеченный им численный расчет для германия в тигле 56 мм диаметром не связан с полученными до 2007 года экспериментальными данными, а самостоятельных исследований Гоник по германию не проводил.

В диссертацию в гл. 4 Гоник М.А. полностью включил работы коллектива в рамках договора с Центром полезных космических нагрузок по печи Кратер ВМ, не имея на это права, все технические решения были предложены мной, а реализовывал их весь коллектив (приложение 5).

Глава 5 диссертации написана, как обзор чужих практически полностью заимствованных Гоником М.А. результатов (приложение 3, 6, 7), но воспринимается как выполненная им лично работа. В частности в области исследования морфологической неустойчивости нормального и гранного он работы практически не принимал (в приложении 9 приводится статья по этому направлению без соавтарства Гоника М.А.

Исследования по визуализации течения расплава при росте методом проводились по моим и д.ф.м.н Жарикова Е.В руководством. Экспериментальные исследования проводились в Институте им. Менделеева, а сисленное моделирование выполняла М.П. Марченко (ИММ РАН) – приложение 8.

Результаты этих исследований, поддержанных многочисленными грантами, автором идей и научным руководителем которых являлся Голышев В.Д. (Приложение 1), они опубликованы в большом количестве совместных статей, в том числе с участием Гоника М.А. Однако, описывая результаты коллектива, Гоник М.А. по тексту автореферата и диссертации не упоминает о том, что это исследования выполнялись совместно, не делает ссылок на совместные публикации, где описан результат, и не указывает своего конкретного вклада в совместную работу.

Представив материал по автоматизации роста, разработке установок ОТФ выращивания кристаллов, исследованию теплофизических свойств, особенностям теплопереноса при росте тигельным и бестигельным ОТФ методом, NaCl, KCl, LBO, BGO, Ge, GaSb, GaInSb, CdZnTe, одномерных и численных моделей адаптированных под ОТФ метод, визуализации течения расплава, межфазной кинетике и переохлаждению межфазной границы при росте Ge и BGO, наземным экспериментам в установке Кратер ВМ, полученные коллективом разработчиков до 2005 года, как свой личный вклад, он нарушил требование пункта № 14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 не сослался на совместные статьи, не выделив личного вклада, и по факту присвоил чужие результаты.

2. В диссертации и в автореферате Гоника М.А. допустил прямое заимствования из работ, опубликованных без участия Гоника М.А., не сославшись на эти публикации, что нарушает требование № 14 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

К заимствованным Гоником М.А. результатам, относятся результаты сотрудников ООО ЦТИ Термо, опубликованные ими самостоятельно и без участия Гоника М.А. Публикации авторов Быковой С.В., Голышева В.Д. и Цветовского В.Б., отражают их личный вклад по опубликованному ими направлению. Публикации обобщают результаты (ранее представленные в многочисленных совместных публикациях) после завершения комплекса НИР и перед началом ОКР и созданием опытного ОТФ производства монокристаллов и изделий из них:

Быкова С.В. “Тепло - массоперенос и формирование состава при кристаллизации полупроводниковых соединений в условиях ламинарных течений расплава методом ОТФ”, сборник трудов 6й международной конференции “Рост монокристаллов и тепломассоперенос” Обнинск, 25-30 сентября, 2005, том 1, стр. 85 – 94 Голышев В.Д. Исследование теплофизических свойств расплавов и процессов при кристаллизации в условиях слабых сечений расплава, сборник трудов 6й международной конференции “Рост монокристаллов и тепломассоперенос” Обнинск, 25-30 сентября, 2005, том 4, стр. 783 – 792. Цветовский В.Б. “Метод ОТФ как инструмент исследования межфазной кинетики”, сборник трудов6й международной конференции “Рост монокристаллов и тепломассоперенос” Обнинск, 25-30 сентября, 2005, том 4, стр. 665– 674. Из этих же работ видно, что авторство методов и разработок принадлежит Голышеву В.Д., а не Гонику М.А.

В приложении 3, 6, 7 приведены копии статей Быковой С.В., Голышева В.Д., Цветовского В.Б. подтверждающее заимствование Гоником М.А. Из работы Быковой С. В. стр. 89 рис.2а, стр. 91 рис.5 в, стр. 93 рис. 7, 8, стр. 93 рис. 7б, в, г (приложение 7),: изложены Гоником М.А. в диссертации на стр. 223 рис. 5.12, стр. 265 рис.6.16, стр. 273 рис. 6.23а, стр. 274 рис.6.24 а, стр. 220 рис.5.7 Из работы Цветовского В.Б стр. 669 рис.2, стр 671 рис.6 (приложение 8, изложены Гоником М.А. в диссертации на стр. 229 рис.5.19 ; стр. 271 рис 5.27, Из работы Голышева взят практически весь материал (приложение 3).

Работы, представленные в диссертации на основе результатов полученных в составе коллектива до 2005 года, не завершились созданием ОТФ технологии совершенных монокристаллов, так как до 2005 года мной ставилась цель не получить совершенные кристаллы, а исследовать особенности кристаллизации в условиях слабых ламинарных течений расплава для различных сред и разного характера межфазной кинетики и возможности управления процессом. Кристаллы выращивались блочные, с большим количеством дефектов разного рода, т.к. эти дефекты не мешали поставленной цели.

К результатам, полученным Гоником М.А. самостоятельно, и являющимися его личным вкладом, относятся разделы, посвященные применению Гоником М.А., предложенных Голышевым В.Д. ОТФ методов, технических решений для их реализации, режимов кристаллизации, а также аналитических выражений, выведенных И.В. Фрязиновым из ИММ РАН при участии Голышева В.Д (формула 2.1). К самостоятельным, исследованиям относятся следующие работы, выполненные Гоником М.А.: 1. разработка аппаратуры и методики исследования, связанные с ростом кристаллов CzJ(Tl), Bi, поликремния, Ge-Si и Si, а также анализ экспериментальных результатов по росту этих кристаллов, 2. результаты моделирования с использованием известных кодов (CGSim\_и\_др.) и их анализ, 3. Подготовка проектов космических исследований по проектам “Диск” и “Барс”.

В связи с тем, что до 2005 года совершенных монокристаллов не было получено, то результаты, полученные Гоником М.А. самостоятельно после 2005 года, и приведенные им в диссертации, должны показать достижение, поставленной им цели, а именно: создание ОТФ технологии получения совершенных монокристаллов CzJ(Tl), Bi, мультикремния, Ge-Si и Si.

Гоником М.А. были получены кристаллы и слитки небольшого диаметра и высоты: Si - ø12 мм, h = 15 мм, Ge-Si - ø10 мм, h = 15 мм, CzJ(Tl) - ø58 мм, h = 45 мм, Bi - ø40 мм, h = 60 мм, мультикремний – 14 килограмм. Кристаллы не однородны по составу, с большим числом дислокаций и не высокими потребительскими свойствами. Подробнее недостатки, выращенных Гоником М.А. кристаллов и слитков, методических приемов исследований и факты фальсификаций Гоником М.А. его результатов описаны в отзыве сотрудников ООО КристалсНорд, в настоящее время разрабатывающих ОТФ технологию роста кристаллов, и ранее работавших во ВНИИСИМС и ООО ЦТИ Термо.

В своем отзыве я хочу отметить следующее. Гоником М.А. выполнено по каждому из выращенных самостоятельно кристаллов очень малое число экспериментов: 1 для мультикремния и для Ge-Si и по 3 для Si, CzJ(Tl) и Bi. Такое малое число экспериментов не представительно, так как не показана воспроизводимость результатов. Поэтому представленные данные нельзя считать достоверным. По всем самостоятельным направлениям работы Гоником М.А. не исследованы условия получения без дефектных, однородных монокристаллов. Гоником М.А. представлены только дефектные и неоднородные кристаллы. А поскольку таких условий не найдено, то представленный Гоником М.А. материал не может считаться подтверждением поставленной цели и научного результата, а тем более факта разработки технологии выращивания, выращенных им кристаллов. Его выводы о перспективности полученных результатов только на выполненных им с совместно с соавторами численном моделировании при граничных условиях не отвечающих реальным граничным условиям. Учитывая, наличие фальсификации результатов по кремнию (отзыв сотрудников ООО КристалсНорд), можно утверждать, что научный результат отсутствует в части работы Гоника М.А., связанной с ростом Si. В диссертации Гоник М.А. описал, как я понимаю, лучшие эксперименты. Результаты, полученные самостоятельно Гоником М.А. по росту и разработке технологии выращивания кристаллов, не представительны из-за малого числа экспериментов выполненных экспериментов.

Кроме того, в диссертации Гоник М.А. приводит ложные сведения о качестве почти всех выращенных им кристаллов. Он утверждает, например, что при росте кристаллов кремния получены бездислокационные кристаллы, в которых отсутствуют включения, в тоже время в публикации, на которой основан этот материал диссертации, приводятся сведения о том, что монокристаллический рост прекратился через 4 минуты роста, кристаллы содержат большое число включений и дислокаций (отзыв сотрудников ООО КристалсНорд). Таким образом, анализ, представленных Гоником М.А. в диссертации результатов его самостоятельных исследований в совокупности с анализом опубликованных им статей, показал, что выполненная им самостоятельно работа не завершилась созданием технологии совершенных монокристаллов CzJ(Tl), Bi, поликремния, Ge-Si и Si, и в результате, поставленная им цель не выполнена. Выполненная им самостоятельно работа не представляет ни научной, ни практической ценности не завершилась созданием технологии совершенных монокристаллов CzJ(Tl), Bi, поликремния, Ge-Si и Si, а поставленная цель не выполнена.

Гоником М.А не создано нового научного направления, вносящего значительный вклад в развитие страны, что не соответствует п. 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

В диссертации, описывающей результаты совместных исследований, выполненных под руководством Голышева В.Д., он представляет результат так, как будто полученный результат является плодом его самостоятельной работы от идеи до реализации и анализа результатов. Это не так. Авторство идей методов, их технической реализации, постановки и обоснования задач исследования, разработки методик экспериментального исследования и разработки теоретических моделей, адаптированных под ОТФ метод по всем перечисленным выше направлениям принадлежит Голышеву В.Д. Экспериментальные исследования, изготовление аппаратуры для исследований, анализ основных результатов проводилось коллективом исследователей при личном участии Голышева В.Д. и под его руководством в рамках многочисленных грантов, идеи которых также принадлежат Голышеву В.Д.

Таким образом, автором и разработчиком нового научного направления в области роста кристаллов является Голышев В.Д. При этом результаты, полученные Гоником М.А. самостоятельно, практического значения не имеют.

Целью работы, заявленной Гоником М.А., было создание аппаратуры и технологии выращивания совершенных по структуре монокристаллов.

Однако сразу следует отметить, что поставленная Гоником М.А. цель в такой абстрактной форме не достижима. Не возможно разработать универсальную технологию выращивания совершенных монокристаллов, так как технология выращивания сильно зависит от свойств кристаллизуемой среды и диаметра растущего кристалла. ОТФ метод облегчает переход на большие диаметры, но из-за изменения соотношения между теплопереносом, переносом массы конвекцией расплава и диффузией, требуется оптимизация условий кристаллизации для одного и того же типа кристалла при переходе на новый диаметр.

Таким образом, поставленная Гоником М.А цель работы абсолютно не достигнута.

На основе результатов, полученных коллективом до 2005 года, не имеющим практической ценности, а также таких не представительных результатов, основанных на малом числе не удачных экспериментов и, дефектных кристаллах очень малого диаметра, полученных им лично после 2005 года, Гоником М.А. делается абсолютно не обоснованное утверждение о том, что к полученным результатам, имеющим практическое значение, относятся следующие результаты:

- обеспечили отрасль моделирования роста кристаллов экспериментально полученными в широком диапазоне температур данными по теплопроводности кристаллических материалов и их расплавов, а также эмпирически найденными формулами для оценки значений теплопроводности ионных расплавов (стр 13 диссертации). Это утверждение Гоника М. А. абсолютно не реалистично, т.к. невозможно обеспечить всю отрасль моделирования роста кристаллов такими данными ввиду большого числа объектов. Однако и в отношении узкого круга материалов, исследованных коллективом под моим руководством, данные о которых Гоник М.А. приводит в диссертации, это не соответствует действительности. По нескольким причинам. Во-первых, данных по величине теплопроводности полупрозрачных сред не достаточно, т.к. требуются еще данные по спектральному коэффициенту поглощению расплавов, которые Гоником М.А. не измерялись, тем не менее, приведены в диссертации без ссылки на автора измерений. Во-вторых, при исследовании этих свойств, мною ставилась задача выбора сред с наиболее достоверными данными с целью определения точности расчета температурного поля при росте кристаллов ОТФ методом. Поэтому данные по теплопроводности этих сред уже были известны, многократно были описаны в литературе и использованы в промышленных технологиях выращивания этих кристаллов. Исключение составляет кристалл BGO, теплопроводность и спектральный коэффициент которого измерялись в интересах производителя BGO.

- определен набор технологических параметров, обеспечивающих формирование равномерно легированных по сечению и высоте монокристаллов Ge, в том числе большого диаметра (раздел практическая значимость стр. 13 диссертации и стр. 7 автореферата.).

Это не соответствует действительности. По ОТФ германию в диссертации Гоника М.А. описаны только результаты, полученные коллективом до 2005 года, которые не имеют практического значения. После 2005 года, в рамках его самостоятельной работы, в диссертации не приводятся ни технологические параметры, приводящие к однородным монокристаллам германия, не представлены доказательства наличия выращенных однородных кристаллов. Если Гоник М.А. имеет в виду результаты численных расчетов, выполненных им в соавторстве, то эти результаты не могут считаться достоверными, т.к. результаты численных расчетов могут дать любой результат в зависимости от граничных условий (приложение 12), а заданные граничные условия, приводящие в расчетах к однородности, могут быть не реализованы в эксперименте. Причем не приведены данные о верификации используемого самого кода для задач роста кристаллов. Поэтому вывод об условиях, приводящих к однородности, не могут считаться достоверными, т.к. не нашли экспериментального подтверждения.

- создан научно-технический задел для выращивания бестигельным способом кремния и его сплавов с германием без ограничений по размеру.

Это не соответствует действительности. Под научно техническим заделом подразумевается создание теоретической базы и практического инструмента для реализации задачи выращивания этих кристаллов без ограничений по размеру. В разделах, описывающих в диссертации личный вклад Гоника М.А., посвященных бестигельному ОТФ методу, представлены расчеты формы мениска расплава выполненные Гоником М.А. в соавторстве с Юферевым В.С. и использование одномерной модели массопереноса (формула 2.1 диссертации) для обоснования возможности получения однородного состава. Эти результаты не являются научным заделом, обеспечивающим рост совершенных кристаллов больших размеров, т.к. не касаются определения условий выращивания, влияющих на совершенство кристалла: не исследована зависимость поля температур в системе расплав-кристалл и массопереноса в расплаве от диаметра кристалла и его высоты, а также от толщины слоя расплава под ОТФ нагревателем. Также не исследовано влияние не симметричной задачи на форму мениска, ограничивающей размер растущего кристалла. Не решена и задача технического задела для роста этих кристаллов, так как аппаратура для ОТФ роста бестигельным методом и эксперименты выполнены для роста кристаллов очень маленького диаметром. Результаты, полученные для этого чрезвычайно маленького диаметра и высоты кристаллов, принципиально не могут быть распространены на кристалл большого диаметра из-за того, что для малых диаметров кристалла отношение сил тяжести расплава к силам смачивания и поверхностного натяжения существенно меньше (т.к. объемы расплава не велики) и это позволяет удерживать расплав даже при заметно выпуклой в расплав форме фронта кристаллизации и не дает ему стекать. Не разработана специализированная ОТФ аппаратура бестигельным методом, которая для роста полупроводников решала бы те же проблемы, совокупность которых была решена коллективом под моим руководством для роста кристаллов диэлектриков бестигельным методом на лабораторной установке.

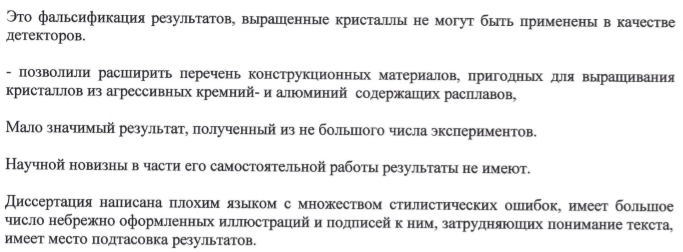
- обеспечили возможность разработки конструкции погруженного нагревателя в составе ампулы для ОТФ контейнера научной аппаратуры «ДИСК» для осуществления космического эксперимента по выращиванию кремния на российском сегменте МКС.

Эта работа не должна быть включена в диссертацию, так как является только планом.

- в виде ростовой аппаратуры были использованы в учебном процессе университетов Флориды, Мадрида, Богазичи и Фрайбурга, в том числе для выполнения диссертационных работ.

Установки в университеты Флориды и Мадрида были поставлены ООО ЦТИ Терсо

- Разработанные методики и аппаратура, в частности, позволяют применять выращенные кристаллы в качестве: ― детекторов гамма-квантов и сцинтилляционных матриц в системах контроля безопасности рентгеновских лучей, ― детекторов ядерных излучений и детектирующих модулей, ― подложек для наращивания на них сильнонапряженных сверхтонких слоев кремния, ― элементов солнечных преобразователей.



Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

1. Расчетами и визуально определено значение параметров, при которых при росте кристалла NaNO3 течение расплава является слабым и ламинарным и полосы роста, как было показано на примере Ge, в объеме кристалла не возникают.
2. Определены пределы применимости полученного Тиллером аналитически соотношения для расчета продольного распределения примеси в выращенном кристалле в приближении диффузионного ее переноса. Показано, что описание экспериментальных результатов кристаллизации с его помощью возможно только при учете реального изменения скорости роста.
3. При выращивании кристаллов получены надежные экспериментальные данные о скачке теплопроводности германия, хлористого натрия, германата и селенита висмута, которые позволили на 30-50% улучшить точность определения осевого градиента температуры на фронте кристаллизации.
4. Управление процессом выращивания реализовано по термопарам, установленным не вблизи нагревательных элементов за пределами кристаллизатора, как это делается традиционно, а непосредственно на тигле и внутри корпуса погруженного нагревателя.
5. При росте Ge показана прямая связь нарушения морфологической устойчивости с условиями роста и сделаны количественные оценки критических значений для скорости роста и концентрации примеси в расплаве. В экспериментах по выращиванию монокристалла CsI (Tl) зафиксирован момент выпадения металлического Tl.
6. Теоретически для Ge0.95Si0.05 и экспериментально при выращивании Bi продемонстрирована возможность управления формой фазовой границы (от вогнутой до выпуклой) за счет изменения направления и величины радиального градиента температуры в расплаве.
7. В отличие от метода Бриджмена, даже при выращивании монокристаллов с низкой теплопроводностью, таких как CdZnTe, удается добиться плоской формы фронта кристаллизации за счет создания очень тонкого слоя расплава.
8. Теоретически и в эксперименте по росту кремния и его сплава с германием найдены условия, при которых расплав между ОТФ нагревателем и растущим кристаллом удерживается силами поверхностного натяжения, и становится возможным выращивание кристалла без тигля. Установлено, что кристалл может расти с превышением радиуса ОТФ нагревателя на 15-16 мм, а капиллярная устойчивость сохраняется для толщин слоя в 11-18 мм, существенно превышающих величину капиллярной постоянной расплава.
9. Показано заметное улучшение качества кремния, полученного модифицированным методом вертикальной зонной плавки и направленной кристаллизацией, по мере контролируемого снижения интенсивности конвекции в слое расплава, из которого шел рост.
10. Выращен монокристалл твердого раствора Si1-xGex (7%<x<17%), чего добиться на установке плавающей зоны без использования погруженного нагревателя ранее не удавалось, с однородностью распределении неосновного компонента по сечению кристалла в пределах 0.5%, не уступающей образцам, полученным методом Чохральского.
11. Предложены технологические методики выращивания в условиях микрогравитации полупроводниковых кристаллов из их обогащенных раствор-расплавов с целью определения коэффициента диффузии неосновной компоненты и равновесных коэффициентов сегрегации примесей. Причем для двойной системы Al-Si методика впервые дает возможность количественных измерений равновесных коэффициентов сегрегации P и B.

Теоретическая значимость работысостоит: в исследовании тепло- и массопереноса при росте из тонкого слоя расплава и разработке упрощенной модели, конвекцией в которой без потери точности в расчетах положения и формы фазовой границы можно пренебречь, а распределение примеси оценить в диффузионном приближении, ее использовании для идентификации ростовой установки как объекта регулирования и настройки системы управления в реальном масштабе времени, в нахождении тепловых условий, позволяющих управлять характером конвекции вблизи растущего кристалла и обеспечить при кристаллизации твердых растворов полупроводников однородное распределение состава вдоль фронта кристаллизации.

Практическая значимость представленной работы состоит в следующем:

1. Обеспечении отрасли моделирования роста кристаллов данными по теплопроводности кристаллических материалов и их расплавов в широком диапазоне температур, а также найденными формулами для оценки значений теплопроводности ионных расплавов вблизи температуры плавления.
2. Определение набора технологических параметров, обеспечивающих формирование равномерно легированных по сечению и высоте монокристаллов Ge, в том числе большого диаметра.
3. Расширении перечня конструкционных материалов, пригодных для выращивания кристаллов из агрессивных кремний- и алюминий- содержащих расплавов.
4. В возможности существенного изменения характера распределения кислорода и углерода по высоте слитка мультикристаллического кремния, выращиваемого методом направленной кристаллизации.
5. Создании научно-технического задела для выращивания бестигельным способом монокристаллов кремния и его сплава с германием без ограничений по размеру.
6. Обеспечении возможности разработки конструкции погруженного нагревателя в составе ампулы для ОТФ контейнера научной аппаратуры «ДИСК» для осуществления космического эксперимента по выращиванию кремния на российском сегменте МКС.
7. В использовании ростовой аппаратуры в учебном процессе университетов Флориды, Мадрида, Богазичи и Фрайбурга, в том числе для выполнения диссертационных работ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что они получены с применением современного высокоточного измерительного оборудования, что определило высокую корреляцию полученных экспериментальных и теоретических данных, причем не только в работах самого диссертанта, но и при использовании предложенных методов другими российскими и зарубежными исследователями. Выводы по результатам в области разработки методик выращивания кристаллов полупроводников и диэлектриков сделаны на основании проведения многократных экспериментов, результаты которых прошли статистическую обработку. Результаты диссертационной работы опубликованы в высокорейтинговых Российских и международных рецензируемых журналах и прошли апробацию на ведущих национальных и международных научных конференциях.

Все вышеперечисленное в совокупности свидетельствует о достоверности полученных результатов и сделанных на их основании выводов.

Автору принадлежат основные идеи, положенные в основу работы, которая была им начата совместно с Голышевым В.Д. и вместе с которым были разработаны принципы использования погруженного ОТФ нагревателя и технические решения для его применения при выращивании ряда диэлектриков и полупроводников. Сами кристаллы выращены автором на разработанном им и изготовленном под его непосредственным руководством и участии ростовом оборудовании, оснащенном высокоточной системой управления температурным полем при кристаллизации, или с использованием аппаратуры ряда европейских лабораторий, которая была им совместно с коллегами модернизирована для применения при росте техники погруженного нагревателя.

В диссертации использованы только те результаты экспериментальных исследований, разработки теоретических моделей, проведения расчетов, в получении и интерпретации которых автор участвовал лично и ему принадлежит определяющая роль. Это относится и к разработке методики измерения теплопроводности кристаллов и их расплавов при высоких температурах, в том числе в условиях переноса тепла излучением, и методики исследования процессов диффузии и сегрегации при кристаллизации металл-кремниевых сплавов в рамках космического эксперимента в условиях микрогравитации на борту МКС.

Идея модифицировать метод плавающей зоны с использованием погруженного ОТФ нагревателя, технические решения и реализация конструктивных особенностей полностью принадлежат автору. Им впервые совместно с коллегами из Института кристаллографии Фрайбурга на имеющейся у них установке вертикальной зонной плавки были выращены монокристаллы кремния и его сплава с германием.

Постановка задач по моделированию роста кристаллов и сами численные исследования проводились совместно с коллегами из ИПМ РАН им. Келдыша), ФТИ РАН им. Иоффе, STR-group (Санкт-Петербург), а также Техниона (Хайфа), университета Миннесоты (Миннеаполис), института Фраунгхофера (Эрланген) и Технического университета (Бухарест).

В диссертации решены основные вопросы поставленной научной задачи, она соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования и непротиворечивой методологической платформы и взаимосвязанностью выводов.

На заседании 10.03.2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Гонику Михаилу Александровичу ученую степеньдоктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 14, против присуждения учёной степени - 4, недействительных бюллетеней - 3.

|  |  |
| --- | --- |
| Зам. председателя  диссертационного совета | А.Н. Юрасов |
| Ученый секретарь  диссертационного совета | Л.Ю. Фетисов |

17.12.2019 г.