

Перспективы алмазных технологий в России: какие задачи нужно решить в первую очередь

Рассказывает генеральный директор ООО «Фрезарт» А. А. Астафьев



Широким кругом специалистов алмаз признан перспективным материалом для создания на его основе электронной компонентной базы следующего поколения. Алмаз обладает рядом рекордных свойств: минимальным термическим расширением ($0,9-1,45 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), наибольшей из известных теплопроводностью ($2 \cdot 10^3 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$), большой шириной запрещенной зоны (5,45 эВ), высокой критической напряженностью электрического поля (10^7 В/см^2). В настоящее время различными исследовательскими группами в мире ведутся разработки по созданию на основе алмаза электронных компонентов для применений в СВЧ, радиационно-стойкой и силовой электронике, детекторах высокоэнергетичных частиц. Алмазы применяются как широкодиапазонные окна в оптике, при создании источников дальнего УФ-излучения, и как эффективные теплоотводы. На прошедшем в октябре форуме «Микроэлектроника 2023» проблемы синтеза монокристаллического алмаза для применения в ЭКБ обсуждались на круглом столе, посвященном новым материалам. Одним из участников форума была компания «Фрезарт», которая занимается производством монокристаллического алмаза для различных отраслей промышленности и разработкой оборудования для его синтеза. О развитии рынка синтетического алмаза в России и перспективах его применения в электронике мы побеседовали с генеральным директором ООО «Фрезарт» Александром Андреевичем Астафьевым.

Александр Андреевич, как в вашей компании появилась идея заняться синтезом монокристаллического алмаза?

Идея начать данный проект родилась в конце 2019 года, когда наша компания приняла участие в разработке и производстве CVD-установки (химическое осаждение из газовой фазы) для одного из московских учебных заведений. В процессе реализации проекта мы погрузились в тематику производства и применения алмазного материала. Данное направление показалось нам перспективным, и наша команда приняла решение о вложении ресурсов компании в развитие производства алмазного материала.

Проведя анализ состояния российской и мировой отрасли производства синтетических алмазов

мы выбрали для себя следующие приоритетные направления развития: проектирование и производство оборудования для роста алмазного материала (CVD-установок), постановка технологии управляемого роста алмазного материала CVD-методом, постановка технологии обработки алмазного материала, исследования и разработки в области применения алмазного материала.

В течение последних трех лет мы смогли создать собственную лабораторию, в которой отрабатываются процессы производства и обработки алмазного материала. Наша команда добилась существенных успехов в понимании процесса управляемого синтеза и последующей обработки материала. Совместно с партнерами мы осуществили ряд научных

исследований, которые были направлены на применение алмазного материала в производстве компонентов и приборов на основе алмаза.

На сегодняшний день в мире продолжается активное изучение свойств алмаза и вариантов его дальнейшего применения. Алмаз уже сейчас используют в следующих отраслях: электроника и микроэлектроника, связь, оптика, фотоника, медицина. По моему мнению, это самые перспективные направления, в которые стоит инвестировать научный, производственный и финансовый капиталы.

Сегодня наша компания, как производитель синтетического алмаза, занимается поиском в России партнеров в лице промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций, чтобы совместно с ними разрабатывать решения по применению алмаза в конкретных проектах. В 2022 году мы совместно с Институтом СВЧ полупроводниковой электроники имени В. Г. Макерова Российской академии наук провели НИР, в рамках которой на наших алмазных подложках были проведены исследования по разработке лабораторной технологии изготовления пассивных элементов электронной техники. В течение последнего времени мы активно занимаемся поиском решений по применению алмазного материала, а также инвестируем в разработки, связанные с процессами роста и обработки алмазного материала.

Запустили ли вы серийное производство алмаза или это пока в планах?

Запуск серийного производства запланирован на вторую половину 2025 года. В текущем году мы запустили лабораторию полного цикла в г. Троицк, где наша научная команда занимается вопросами, связанными с выращиванием алмазного материала, его дальнейшей обработкой. Особой задачей является изучение структуры и свойств материала.

Сейчас наша команда активно занимается поиском потенциальных заказчиков, чтобы выявить потребности в алмазном материале. Свойства алмаза напрямую влияют на отрасль его применения, поэтому очень важно получить от заказчика наиболее подробную информацию. Можно сказать, что сейчас мы готовы осуществлять поставки небольших партий материала по запросам заказчиков.

На следующий год совместно с коллегами из Института физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина РАН мы планируем запустить работу по классификации лабораторно-выращенного алмазного материала. Это позволит структурировать рынок этого материала и упростит работу с заказчиками. Сейчас в этой сфере отсутствует какая-либо система.

Хотел бы уточнить насчет стартапа в рамках вашей компании. Это была некая компания, в которой был запущен проект или она создавалась под этот проект?

Дело в том, что наш основной бизнес никак не был связан с производством алмазов. Основной деятельностью нашей компании является производство и торговля оборудованием. В 2019 году совместно с партнерами мы объединили усилия, так как каждый занимался своими проектами. Объединив компетенции, мы создали компанию «Фрезарт», начали осуществлять поставки оборудования и решений из Европы для пищевой и обрабатывающей промышленности. Когда основные бизнес-процессы были выстроены, мы начали думать, как развивать компанию в дальнейшей, за счет каких направлений деятельности будем зарабатывать в будущем. Как я говорил ранее, идея создания алмазного производства возникла в процессе нашей работы по созданию установки синтеза для московского колледжа. На сегодняшний день мы приложили много усилий и получили огромный опыт работы в новой для нас сфере, а также смогли найти новые контакты и знакомства.

По нашим расчетам, нам понадобится еще два-три года, чтобы отработать все техпроцессы и сформировать широкую продуктовую линейку алмазного материала. В течение пяти-десяти лет мы планируем построить собственный завод по производству алмазного материала.

Собрав команду квалифицированных инженеров и ученых, мы смогли охватить весь спектр проблем, связанных с производством алмазного материала. Параллельно с вышеуказанными работами мы исследуем направления применения алмазного материала, в которых он может быть наиболее востребованным.

На сегодняшний день мировой рынок лабораторно-выращенного алмаза формируется, в России его практически нет. Одна из задач, которую мы перед собой ставим, это создание рынка алмазного материала.

Есть ли рынок для оборудования по выращиванию алмаза в России?

Потенциал рынка для CVD-реакторов в России существует, правда на сегодняшний день он очень узкий и специфический. Проблема, скорее, в другом. Многие предприятия готовы покупать оборудование, чтобы проводить на нем свои эксперименты и решать производственные задачи. Но текущая реальность внутреннего рынка такова, что можно купить установку для синтеза, а затем возникнут проблемы с ее эксплуатацией и обслуживанием. Российские и иностранные поставщики оборудования обеспечивают только поставку железа, а отладка техпроцессов и обучение специалистов

ложатся на плечи заказчика. Анализируя данную ситуацию, мы пришли к выводу, что наиболее перспективно предлагать заказчику комплексное решение, которое будет включать в себя поставку реакторов, настроенных под нужды заказчика, сервисное обслуживание, а также обучение или предоставление заказчику специалиста для работы с реактором. Для поставок данного оборудования мы ищем достаточно зрелых клиентов, которые могут дать достаточно полное описание своих потребностей. Если у заказчика есть понятные цель и задача, то он должен об этом рассказать нам, мы под эту задачу сконфигурируем оборудование и научим оператора работать с этим оборудованием. Сейчас на российском рынке, по нашим данным, можно продавать 10–15 установок для синтеза в год, мы планируем выйти на этот показатель к 2025 году.

Эти машины предназначены не только для электронной промышленности, но и для более широкого применения?

Да, конечно, ведь алмазный материал применяют в самых разных областях, среди которых радиофотоника, медицина, связь, энергетика, космос и др. Кроме того, сейчас ведутся научно-исследовательские работы, направленные на создание новых продуктов на основе алмаза, востребованных на рынке. И мы, в числе прочих организаций, активно участвуем в этом.

Вы упомянули о совместной работе с ИСВЧПЭ РАН. Направление по применению алмаза в СВЧ-электронике считается весьма перспективным. Возможно ли за те 10 лет, о которых вы говорили, достичь внедрения этого материала в технологию СВЧ-приборов у нас в стране?

Думаю, что это возможно. Совместно с коллегами из ИСВЧПЭ мы формируем план дальнейших работ, связанных с разработками ЭКБ на основе алмаза.

Стоит отметить, что мы – частная компания, существующая за счет своей основной деятельности, и наши возможности ограничены. Поднять отрасль СВЧ-электроники на алмазе без участия государства невозможно. В последние несколько лет многое изменилось, государство действительно стало уделять больше внимания развитию отрасли электроники и микроэлектроники, производства новых материалов.

Можно сказать, что алмазная электроника в России сегодня находится на стадии научно-исследовательских работ. Все разработки, связанные с применением алмазного материала, остаются невостребованными из-за сложностей при работе с материалом и его стоимости.

Мировая отрасль алмазного материала активно развивается, и прорыв в применении алмаза в качестве

материала микроэлектроники не за горами. Думаю такой прорыв может состояться в течение 5–7 лет. Уже сегодня имеются рабочие приборы на основе алмаза, правда они ориентированы на специальную тематику. Поскольку материал на сегодняшний день достаточно дорогой, его широкое применение в гражданских отраслях пока ограничено. Но по мере увеличения рабочей зоны монокристаллического алмаза (например, размеры подложки за три года, с 2020 по 2023-й, увеличились с 7×7 мм до 15×15 мм) и снижения себестоимости приборов на его основе гражданские применения алмазной электроники будут развиваться быстрее.

В стратегии развития электроники в России есть раздел о перспективных материалах, таких как нитрид галлия, карбид кремния и др. Есть ли интерес у государства в развитии алмазного направления?

Наша команда активно работает над тем, чтобы включить алмаз в перечень перспективных материалов. Мы взаимодействуем с Минпромторгом России, Академией наук и другими профильными организациями по решению этого вопроса. При этом мы понимаем, что проблема производства материалов в России стоит очень остро, и она есть не только с алмазом. Если говорить в целом о положении дел в области производства материалов в России, то проблем очень много.

Наша компания старается найти комплексный подход для развития, опираясь безусловно на внутренние ресурсы компании, ведь мы небольшое предприятие и у нас есть свои ограничения. Тем не менее мы участвуем в различных государственных программах, пытаемся получить гранты на проведение разработок. Проблема в том, что многие исследования носят фундаментальный характер и требуют существенного финансирования, а на эти цели поддержка не выделяется. Государство готово вкладывать в уже готовые решения, а не в перспективу. Это видится мне одной из основных проблем в развитии страны, у нас нет долгосрочных планов развития на 10–20 лет. Мы, как бизнес, стараемся планировать свою деятельность на ближайшие 5–10 лет. Почему мы это делаем, а государство не может построить четкую стратегию развития на срок более 5 лет?

Номер нашего журнала, в который планируется это интервью, посвящен вопросам кадрового обеспечения отрасли. В связи с этим не могу не задать вопрос на эту тему: как у вас обстоят дела с кадрами?

Это одна из самых острых проблем для нас. Так как мы работаем в отрасли, которая очень узкопрофильная и специализированная, найти готовых специалистов практически невозможно. Наш сотрудник должен обладать большим объемом знаний в различных областях. Чаще всего мы берем перспективных молодых

людей и стараемся вырастить из них высококвалифицированных специалистов. В решении этих задач нам активно помогает Колледж предпринимательства № 11 г. Москвы. Колледж готовит для нас рабочий персонал, а именно операторов реакторов, специалистов по обработке материала (полировщиков). Совместно с колледжем мы разрабатываем программы обучения для перспективных специальностей, а также проводим повышение квалификации для наших специалистов.

С инженерами, технологами и научными работниками дело обстоит еще сложнее. Мы пытаемся найти нужных нам специалистов, но их очень мало. Сложившиеся специалисты востребованы на своих предприятиях, а молодых выпускников вузов нужно дополнительно готовить, что требует времени. Сейчас мы берем студентов вторых-третьих курсов, начинаем привлекать их к работе в компании и рассчитываем на то, что через 5–7 лет из них получатся хорошие специалисты. Следует отметить, что уровень образования и подготовки кадров в стране стремительно падает. Фактически мы приходим к тому, что единственный путь получить нужного нам специалиста – искать перспективных ребят еще в школе, начиная с 7–8 класса, заинтересовывать их нашей работой, помогать в выборе направления развития, а далее сопровождать во время последующего обучения в колледже или вузе. Контролировать процесс его обучения и привлекать его к работам в компании.

Я считаю, что одна из социальных ответственностей бизнеса – взаимодействие с системой образования и учебными заведениями на предмет подготовки современных востребованных кадров. Бизнес должен активно принимать участие в образовательном процессе, информировать о нехватке специалистов, участвовать в разработке новых стандартов и программ обучения. Мы стараемся это делать.

На форуме «Микроэлектроника» в этом году поднимались вопросы, связанные с подготовкой кадров, переобучением. Надеюсь, что взаимодействие государства и бизнеса в вопросе подготовки кадров позволит достичь прогресса в том, что касается обеспечения нашей отрасли нужными специалистами. Поскольку мы заинтересованы в квалифицированных кадрах, мы должны со своей стороны ставить задачу системе образования по подготовке специалистов, а вузы должны их качественно обучать. Главное, чтобы в этом было заинтересовано и государство.

Последний вопрос – про форум «Микроэлектроника 2023». Как вы в целом его оцениваете? Насколько удачным он оказался для вас?

Наша компания участвует в Форуме «Микроэлектроника» с 2020 года. Я считаю, что это был наиболее

цельный и успешный форум за последнее время. Начинают появляться результаты проделанной работы, об этом стараются говорить. На форуме поднимались важные для отрасли вопросы, были жаркие дискуссии. Видно, что отрасль не стоит на месте и постепенно развивается. Однако мне, как руководителю компании, не хватает стратегического видения со стороны государства хотя бы на перспективу 10–15 лет, какие направления электроники считаются наиболее важными и приоритетными для развития страны. На пленарных заседаниях и на круглых столах многие говорили об успехах своих предприятий и росте выпуска продукции. Но в первую очередь это было связано с государственным финансированием. Однако нужно думать о будущем, о гражданских отраслях, в которых можно достичь высокого уровня развития электроники. Я бы выделил три перспективных направления для нашей страны: энергетика (в частности атомная промышленность), аэрокосмическая отрасль и умный дом / умный город. Я считаю, что если на уровне государства принять решение о том, чтобы сфокусироваться на нескольких ключевых направлениях и стать лидерами в этих областях, то у отечественной электроники будут высокие шансы на будущее. В области микроэлектроники необходимо задумываться о создании продукта не только для внутреннего рынка, но и искать свою нишу на мировом рынке, без этого развития отрасли не будет. Мы не сможем развиваться только в рамках своего внутреннего рынка.

У предприятий отрасли уже сегодня есть успехи, развиваются новые направления, реализуются перспективные проекты, налаживается отраслевая кооперация. Мы это видим на примере нашей деятельности и деятельности наших партнеров. Одна из важных задач форума, с которой он успешно справляется, – поиск партнеров и развитие взаимодействия между предприятиями отрасли.

Хотел бы подчеркнуть, что наша отрасль требует трансформации, в частности нужны руководители, готовые ответственно подходить к решению и постановке задач, способные смело принимать решения. Когда нет ответственных людей и достижений не будет. Для нашей отрасли ничего не потеряно, у нас есть светлые молодые головы, нацеленные на научные и производственные прорывы. Есть те, которым под силу организовать этот процесс. Главное, чтобы люди работали и отвечали за результат, тогда все получится.

Спасибо за интересный рассказ.

*С. А. Астафьевым беседовал Ю. С. Ковалевский
Материал подготовлен В. Б. Ежовым*