

«Высокие технологии на Российском рынке драгоценных металлов и драгоценных камней». Сборник документов и материалов «Круглого стола» и расширенного заседания экспертного совета МИРЭА. Москва, 2004 год.

Михаил БАРАНОЧНИКОВ  
Светлана ПЛОТНИКОВА  
Федор СКРИПНИК  
Александр ОРЛОВ

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ АЛМАЗОВ В НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

**1.** В последнее десятилетие отмечается всё возрастающий интерес к использованию природных алмазов в различных областях науки и народного хозяйства, особенно в электронной технике. Это объясняется как уникальными свойствами природных алмазов, так и настоятельной необходимостью использования всё возрастающих запасов сырья, не нашедшего применения в ювелирном деле и производстве высокопрочного инструмента.

Определенные исследования выполняют организации России, например, акционерная компания «АЛРОСА», ЗАО «УралАлмазИнвест», МИРЭА и другие, но результаты этих работ пока не достигли уровня серийного производства.

Ряд известных зарубежных компаний («Сумитомо», «Дженерал электрик», «Де Бирс» и другие) также выполняют аналогичные работы, но результаты этих работ в последнее время практически не публикуются. Известно, что основную ставку зарубежные фирмы делают на синтетические алмазы.

**2.** Проводимые исследования свойств природных алмазов подтвердили уникальность этого материала.

Алмазы обладают высокой механической прочностью и химической устойчивостью, их свойства стабильны во времени. Благодаря этим качествам из природных алмазов возможно создание высококачественных и надежных электронных и полупроводниковых приборов, работающих в широком диапазоне рабочих температур (от -273 до +400 С и более), в агрессивных средах и при повышенной радиации.

Электронные приборы и устройства на основе природного алмаза, как правило, бесконкурентные, благодаря уникальным сочетаниям оптических, электрических и теплофизических свойств, отсутствующим в других материалах, включая и синтетические алмазы.

**3.** Одним из перспективнейших направлений развития «алмазной электроники» является разработка и организация промышленного производства алмазных фоторезисторов (АФР).

АФР характеризуются высокой чувствительностью в VUV, VUC и UVB-диапазонах, т.е. в наименее освоенных областях оптического спектра, и прекрасным быстродействием, не хуже  $10^{-9}$  с.

Фоторезисторы на основе алмаза обладают большим динамическим диапазоном, допускающим использование АФР в прямых солнечных лучах и при воздействии излучения мощных и сверхмощных УФ-экимерных лазеров.

Алмаз является единственным материалом электронной техники, который позволяет изготавливать фотоприемники с индивидуальными спектральными характеристиками, а высокая оптическая прочность и стойкость к излучению обеспечивают практически неограниченный ресурс работы алмазных фотоприемников.

4. В настоящее время контроль уровня УФ-излучения осуществляется с помощью дорогих и ненадежных вакуумных приборов (фотоэлементов и фотоумножителей) и примитивных биодозиметров, однако использование АФР может существенно улучшить эксплуатационные характеристики метрологического оборудования.

Использование АФР позволят вывести метрологию УФ-излучения на качественно новый уровень и создать принципиально новые приборы для контроля источников УФ-излучения (например, измерения основных параметров излучения пико- и наносекундных импульсов эксимерных лазеров и ламп высокого давления), используемых в лазерной технике, производстве интегральных схем, полиграфии, пищевой промышленности, биотехнологии и других областях, включая экологию и технику безопасности.

Одной из главных целей УФ-фотоэлектроники на основе АФР остается создание многофункциональной метрологии ультрафиолетового излучения Солнца, включающей измерение и оценку таких тонких эффектов, как мощность отраженного и рассеянного ультрафиолета, угловое распределение (дифракция) поражающих факторов УФ-излучения (эритомного, иммунного и др.) относительно прямых солнечных лучей, остаточное поражающее действие излучения в тени и других сложных явлений, к которым до настоящего времени нельзя было подступиться в силу несовершенства существующей спектрофотометрической аппаратуры.

5. Как базовый материал УФ-фотоэлектроники алмаз имеет хорошие и во многом безальтернативные промышленно-коммерческие перспективы в самой широкой области применений.

5.1. Освоение технологии «алмазной электроники» позволит перевести УФ-фотоэлектронику на твердую элементную базу со всеми её преимуществами: интеграцией элементов, простотой электронной обработки и уменьшения габаритов приборов и устройств. При этом вполне очевидно, что технология изготовления и условия производства полупроводниковых приборов из алмазов могут быть более простыми, чем например, при изготовлении фотоумножителей или фотодиодов с барьером Шоттки.

Особенно перспективным является разработка линейных и матричных ФЧЭ, чувствительных в УФ-диапазоне спектра, что приведет к созданию приборов визуализации изображений и создания систем УФ-телевидения с распознаванием образов.

Индивидуальные спектральные характеристики АФР могут использоваться при проектировании аппаратуры обнаружения, наведения и специальной связи.

5.2. На основе АФР могут быть созданы:

- системы для контроля возгораний и детекторы пламени;
- «солнечно-слепые» системы контроля состояния озонового слоя атмосферы Земли; аппаратура для УФ-геофизического контроля и картографии;
- аппаратура для постоянного космического патруля мягкого рентгеновского и жесткого УФ-излучения Солнца;
- аппаратура регистрации воздушных радиоактивных выбросов атомных объектов и выбросов при ядерных авариях (взрывах) по оптической флюоресценции воздуха.

5.3. С освоением промышленного производства алмазных фотоприемников может быть создано новое поколение медицинских приборов и оборудования, например, индивидуальные и клинические дозиметры УФ-излучения, биофотометры, управляемые источники ультрафиолетового излучения и другие. АФР найдут применение в устройствах стерилизации медицинского инструмента, обеззараживания воды и воздуха, озонопроизводящем оборудовании и т.д.

5.4. С созданием высокочувствительных АФР станет возможным и промышленное производство портативных приборов для мониторинга УФ-излучения Солнца, включая контроль уровня мощности онкологически опасного UVB-излучения на пляжах, курортах, открытом воздухе, при проведении сельскохозяйственных работ, туристических походах и т.д.

Благодаря развитию нового поколения АФР будут совершенствоваться приборы, используемые в криминалистике, банковском деле, в промышленной автоматике и бытовой электронике.

**6.** Перспективным направлением является использование природных алмазов для дозиметрии ионизирующих излучений, в частности, для клинической дозиметрии.

На данный момент не существует отечественных клинических дозиметров и, тем более, многоканальных измерительных систем. Институтом НИИ импульсной техники (НИИТ) совместно с Институтом «Гиналмаззолото» проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и выпущена серия алмазных детекторов САД-1 для измерений импульсных гамма-излучений. Данные разработки послужили основой для создания первого многоканального клинического дозиметра, испытания которого проводят совместно НИИТ и Ассоциация медицинских физиков.

**7.** Перечисленные выше направления работ подтверждают одну из знаменательных тенденций мировой науки в начале XXI века – стремление использовать алмаз как широкозонный полупроводник и сделать его базовым материалом полупроводниковой электроники.

**Россия является второй страной в мире по добыче алмазов. Однако отходы производства и околоювелирное сырьё, по-прежнему, используются для производства высокопрочного инструмента, а выполненные в последние десятилетия работы по созданию «алмазных» приборов существенно не улучшили этой ситуации, что объясняется как отсутствием государственной политики, так и заинтересованности и координации работ между производителями сырья и разработчиками приборов.**

Как показала практика, задачи по разработке и промышленному освоению «алмазных» электронных приборов не могут быть решены отдельным исполнителем (НИИ, КБ, предприятием). Эти задачи требуют комплексного государственного подхода.

Для активизации работ в области создания электронных и полупроводниковых приборов на основе природного алмаза, на наш взгляд, необходимо разработать, утвердить и реализовать государственную комплексную целевую программу по следующим направлениям:

- НИР по разработке методов классификации и отбора алмазного сырья, пригодного для создания электронных и полупроводниковых приборов;
- НИОКР по разработке автоматизированного оборудования для отбора алмазного сырья, пригодного для создания электронных и полупроводниковых приборов;
- НИР по совершенствованию инженерных методов расчета и исследований параметров электронных и полупроводниковых приборов на основе алмаза;
- НИОКР по разработке оптимальных конструкций «алмазных» электронных и полупроводниковых приборов и промышленной технологии их производства;
- НИОКР по разработке оборудования и приборов, использующих «алмазные» элементы электронной техники, в том числе и для специального применения;
- мероприятия по оснащению промышленных предприятий – участников программы необходимым технологическим и измерительным оборудованием;
- мероприятия по подготовке и привлечению кадров ИТР и рабочих, необходимых для реализации программы.

Бараночников Михаил Львович – старший научный сотрудник Института проблем технологии микроэлектроники РАН, лауреат Государственной премии СССР.

Плотникова Светлана Павлиновна – заведующий лабораторией физики алмаза ОАО «Гиналмаззолото», кандидат физико-математических наук.

Скрипник Федор Васильевич – доцент кафедры МГТУ им. Баумана, кандидат физико-математических наук.

Орлов Александр Михайлович - директор ОАО «Гиналмаззолото», доктор технических наук, профессор.