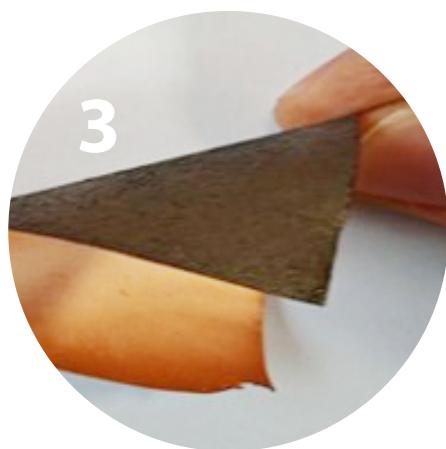
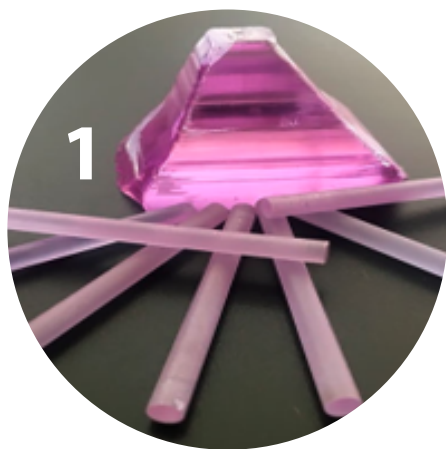




1. Монокристаллы калий гадолиниевого вольфрамата, активированные ионами неодима $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2 - \text{Nd}^{3+}$ и активные элементы из них
2. Монокристаллы калий-иттриевого вольфрамата, активированные ионами иттербия, $\alpha\text{-KY}(\text{WO}_4)_2 - \text{Yb}^{3+}$
3. Электрод металл-ионного аккумулятора типа «графит на меди» без связующих

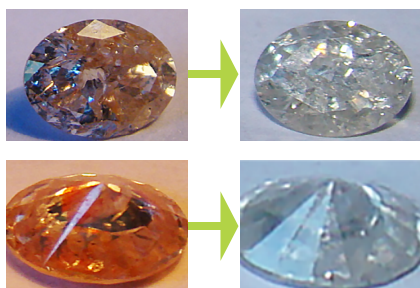
НПЦ по материаловедению: ВОЗМОЖНОСТИ НЕИСЧЕРПАЕМЫ



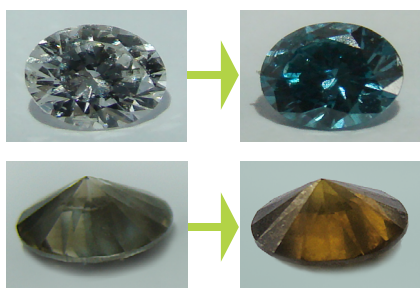
Национальная академия наук Беларуси активно реализует проекты технологического лидерства. Насколько эффективным может быть взаимодействие исследовательского и реального секторов экономики, рассказывает генеральный директор НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, доктор физико-математических наук Валерий Федосюк.

– Академическим институтам для успешного взаимодействия с отечественными предприятиями необходимо иметь арсенал разработок, соответствующий или превышающий их потребности. Научно-практический центр по материаловедению тесно сотрудничает с многими профильными компаниями и держит руку на пульсе экономической жизни страны уже не одно десятилетие. Наверное не все знают, что процесс производства интеграловских микросхем начинается у нас, на нашем оборудовании: пластины Si обрабатываются на ускорителях электронов с целью придания им требуемых электрофизических свойств. Отраслевая лаборатория радиационных воздействий НПЦ НАН Беларуси по материаловедению – неотъемлемая часть технологической цепочки ОАО «ИНТЕГРАЛ» в области радиационной обработки кремниевых пластин с диодными и транзисторными структурами для получения тре-

буемых по ТУ электрических параметров полупроводниковых приборов. Старый ускоритель проработал у нас более 50 лет и в 2024–2025 гг. благодаря выделенным Президиумом и ГКНТ средствам заменен на 2 новых. Растущий научный потенциал и крепнущая материальная база обусловили утверждение совместного плана работ «ИНТЕГРАЛА» и нашего института до 2029 г. Могло ли предприятие обойтись без нас в этом вопросе? Да, конечно. Но тогда достаточно сложное оборудование и высококвалифицированный оператор в основном бы простаивали. Для удовлетворения потребностей заказчика по обработке пластин нам достаточно нескольких дней в месяц. Оставшееся время – в распоряжении исследователей и может быть использовано для реализации других проектов. Налицо рост стоимостного объема выполненных работ и оказанных лабораторией услуг: с 101,54 тыс. руб. в 2019 г. до 719,61 тыс. руб. в 2025 г.



Обесцвечивание алмазов и бриллиантов



Окрашивание алмазов и бриллиантов

– С какими еще организациями успешно работает Центр?

– В стране есть предприятия, производящие кабельную продукцию, в том числе и специфическую, например для белорусской АЭС. На второй энергоблок поставлено таких изделий на сумму около 25 млн долл. Ряд отечественных компаний уже сейчас готовится к строительству третьего энергоблока. Нами проведены переговоры с СЗАО «Белтелекабель», которому требуется радиационная сшивка полимерной оплетки электрокабелей на

ускорителе электронов. Предприятие за свой счет разрабатывает проект дополнительной оснастки для нашего оборудования, ожидаемая загрузка составит 2, а то и 3 смены. С подобным предложением обращалась к нам и «Белшина», варианты дальнейшего сотрудничества рассматриваются.

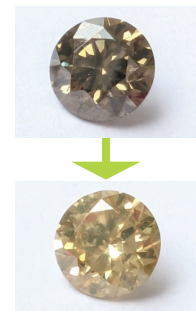
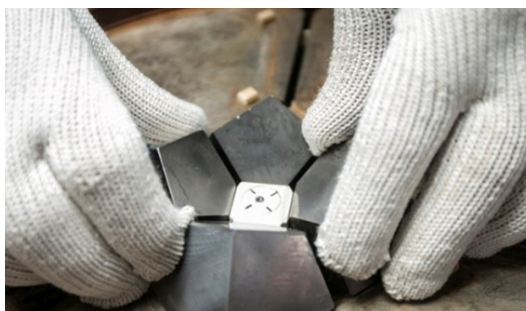
НПЦ НАН Беларуси по материаловедению на протяжении многих лет сотрудничает с заводом «Оптик». Одно из направлений его работы – выращивание монокристаллов калий-гадолиниевого вольфрамата, активированных ионами неодима, которые используются для генерации лазерного излучения в области небольших энергий накачек. Другой вектор – получение монокристаллов калий-иттриевого вольфрамата, активированных ионами иттербия, для изготовления лазерных активных элементов из них. Монокристаллы обладают высокой лучевой прочностью, обеспечивая низкий порог генерации лазера и высокую эффективность. Активированные ионами иттербия, они применяются в лазерах для генерации ультракоротких импульсов (50–200 ф. сек). Это уникальный материал, позволяющий наиболее эффективно (КПД > 50%) использовать для накачки лазерные диоды. Для завода «Оптик» институт также проводит замеры отклонения торцевых поверхностей затравок от кристаллографической пло-

скости и периодические испытания изделий – рабочих тел лазеров.

Нельзя не упомянуть наши проекты в области электронной высокочастотной и СВЧ-керамики для телекоммуникационной инфраструктуры и СВЧ-техники; диэлектрическая и пьезоэлектрическая керамика востребована в области силовой электроники и ультразвуковых применений; электрокерамика – для энергоемких конденсаторов. Партнерами в них выступают научно-производственное предприятие «Тетраэдр», Завод точной электромеханики и др. Но в основном изделия поставляются в Российскую Федерацию для систем навигации и связи.

– А если потребности страны превышают текущие возможности Академии наук?

– Здесь уместно упомянуть обрабатывающий инструмент из сверхтвердых материалов (СТМ) – алмаза, кубического нитрида бора и композитов из них, которые мы изготавливаем на производственном участке лаборатории физики высоких давлений и сверхтвердых материалов. По критерию цена/качество равных им нет. Например, типовой резец для МТЗ из твердого сплава стоит около 5 долл., и его хватает примерно на 50 деталей. Стоимость резца из СТМ – 15 долл., но его ресурс составляет более 500 деталей.



Установки типа «БАРС» (беспрессовые аппараты «разрезная сфера»). Изменение физических характеристик алмаза

Сегодня в Беларусь завозится довольно обширная номенклатура инструмента из СТМ на сумму более 3 млн долл. в год. Производить многое из этого было бы разумно в кооперации с профильными предприятиями или инструментальными цехами. Лаборатория в состоянии изготавливать заготовки СТМ, но это эксклюзивная работа. А более простые операции – резку, пайку, заточку и другое – можно делать и на базе промышленных предприятий. Наш институт в состоянии осилить полный цикл выпуска оригинального инструмента, потребности в котором могут достигать несколько тысяч единиц в год. А для более серьезных объемов понадобится кооперация, что тоже осуществимо.

– Как продвигаются исследования в области синтеза сверхтвердых порошков алмаза и кубического нитрида бора, а также композиционных материалов на их основе?

– Чтобы наше оборудование было задействовано по максимуму, на нем можно многое делать: например, менять цвет и окрашивать алмазы и другие натуральные и искусственные аналоги драгоценных камней на установках типа «БАРС». Они позволяют синтезировать уникальные кристаллы за счет работы в широком диапазоне давлений и температур; снижать производственные издержки благодаря минимальному энергопотреблению и безопасности. При этом требования к инфраструктуре минимальны: в отличие от аналогов весом более 50 т «БАРС» – самое миниатюрное оборудование, которое не требует специальной подготовки пола и усиления перекрытий при размещении. Синтез высококачественных кристаллов в таких аппара-

тах открывает возможность создания алмазов с заранее заданными и равномерно распределенными дефектами.

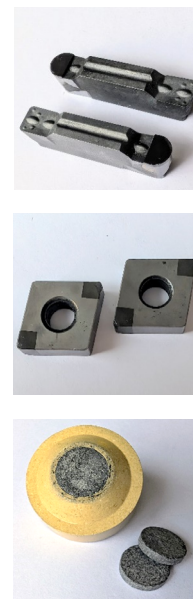
На недавно закупленном оборудовании мы теперь также можем выращивать методом CVD монокристаллы алмаза и пленки электронного качества. Это позволяет осваивать новые направления в алмазной тематике. Так, прецизионный контроль параметров роста позволяет изготавливать пластины для самых востребованных сегодня направлений науки и техники. Квантовый магнитометр на алмазе – высокочувствительный датчик магнитного поля, работающий на основе NV-центров в синтетическом алмазе. Пассивный радар на алмазе – радиофотонный приемник на основе NV-центров, способный детектировать и демодулировать радиосигналы в широком частотном диапазоне – от МГц до десятков ГГц, преобразуя их в оптический сигнал. Квантовые датчики и память – спин электрона в NV-центре служит «квантовым битом» (кубитом), инфор-

мация записывается лазерным или микроволновым импульсом, что позволяет хранить ее при комнатной температуре.

Пластины применяют как теплоотводы для ИИ и дата-центров. Алмаз обладает самой высокой теплопроводностью среди всех твердых тел (до 2200 Вт/м·К), что в 5 раз выше, чем у меди. Это делает его идеальным материалом для охлаждения силовой электроники и 5G, лазерной и космической техники, высокопроизводительных вычислений (теплоотводы для передовых CPU и GPU в узлах, где критичен размер системы охлаждения). В рентгеновской оптике алмазы применяют для выходных окон вакуумных камер и рентгеновских трубок, которые выдерживают огромный перепад давления и тепловой удар; в алмазных монохроматорах – для получения «чистого» луча без деформации кристалла под нагревом; в рентгеновских линзах и призмах – для фокусировки рентгеновских лучей; в фазовращателях (управ-



У пресса научный сотрудник лаборатории высоких давлений и сверхтвердых материалов Андрей Альхименок



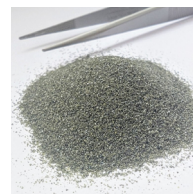
ление поляризацией) – для исследования магнитных свойств материалов на атомном уровне.

В феврале 2025 г. введен в эксплуатацию новый гидравлический высокопроизводительный 6-пуансонный кубический пресс в инженерингово-сервисном центре по сверхтвердым материалам в НПЦ НАН Беларуси по материаловедению, позволяющий производить 250 карат алмазного порошка за 3 минуты. Это более чем в 100 раз больше, чем на старом гидравлическом прессе ДО-137. И это уже покрывает производственные потребности по лезвийному инструменту для токарной и фрезерной обработки из сверхтвердых материалов на 3 млн евро в год. Мы работаем для Минского инструментального завода, Минского механического завода им. С.И. Вавилова, МТЗ и других.

– Как вы считаете существует ли проблема «завышенных ожиданий» от отечественной науки, или же мы сталкиваемся с «недооценкой» ее реальных достижений?

– Здесь можно вспомнить про аккумуляторную батарею. Анализируя текущее состояние дел в области создания Na-графеновых изделий, следует отметить, что у нас получилось сделать, к нашему собственному удивлению, то, что у тех же китайцев (компания CATL, мировой лидер по производству Li-ионных батарей) до сих пор не вышло. И это при несоизмеримом людском и финансовом потенциале.

На основе реструктурированного графита, подвергнутого предварительной интеркаляции кальцием с последующим пиролизом, разработана инновационная технология создания электродов натрий-ионного аккумулятора без использования полимерного свя-



Гидравлический высокопроизводительный 6-пуансонный кубический пресс

зующего, что позволяет увеличить долю активной массы в электродном материале и снизить энергоемкость производства электродов для энергетики и машиностроения.

Резюмируя тему накопителей энергии, могу с уверенностью сказать, что мы наработали хорошие компетенции в этом вопросе (хотя ранее никогда накопителями не занимались), и теперь дальнейший шаг – это организация мелкосерийного производства.

Свежий результат этого года – анод базовой ячейки батареи без полимерной связующей. Недавно наша команда вернулась из Китая, который весьма заинтересован в сотрудничестве. Предложение института – организовать в индустриальном парке «Великий камень» мелкосерийное производство Na-графеновых батарей по белорусской технологии на китайском оборудовании и при их финансировании. Научно-исследовательские работы закончены, теперь дело за опытно-конструкторской частью. А это, по нашей с китайскими партнерами оценке, –

несколько десятков миллионов долларов на оборудование. И, что важно, КНР с ноября 2025 г. полностью запретил экспорт всех связанных с накопителями энергии устройств и расходных материалов. Поэтому дальнейшее развитие работ в этом направлении видится либо в «Великом камне», либо в рамках Союзного государства в Калининградской области на оборудовании госкорпорации «Росатом», установленном для выпуска Li-ионных аккумуляторов. Там же можно будет выпускать и Na-графеновые.

Закончить можно на оптимистической ноте словами классика про электрон, который оказался так же неисчерпаем, как и атом. Это же присуще и графену – у него много других, более простых, нежели в накопителях энергии, применений. Об этом можно будет рассказать после организации производства на ряде предприятий, с которыми уже проведены успешные переговоры. ■

Наталья МИНАКОВА