

РОССИЙСКОМУ КРЕМНИЮ – БЫТЬ

РАССКАЗЫВАЕТ ДИРЕКТОР ФГУП "ГИРЕДМЕТ" Ю.Н.ПАРХОМЕНКО



Гиредмету в 2006 году исполнилось 75 лет. Пожалуйста, кратко напомните историю института.

Наш институт создан в 1931 году. Тогда он назывался институтом редких и малых металлов и занимался проблемами тугоплавких материалов и сплавов исключительно для цветной металлургии. Организатором и первым директором института была В.И.Глебова. После войны Гиредмет стал решать задачи атомной промышленности, связанные с ее основными и конструкционными материалами. Комплекс работ включал разведку месторождений, переработку сырья и получение чистых веществ. Прежде всего, речь шла об обогащении урана. Этот процесс был реализован здесь, в центре Москвы, в чем огромная заслуга уникальной женщины З.В.Ершовой. Тогда же начали широко применять редкоземельных металлы, в том числе – в атомной промышленности. Технологии получения практически всего спектра редких земель разрабатывались в Гиредмете.

В 1958 году в состав института вошли Государственный специальный проектный институт, Специальное конструкторское бюро по проектированию оборудования, опытные технологические заводы в Подольске и Верхней Пышме, опытный машиностроительный завод "Геоприборцветмет". Институт обрел сегодняшнее название – Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности "Гиредмет".

Важно, что Гиредмет не только ведет научные исследования и разрабатывает технологии. Это еще и проектный институт. По его проектам построено и введено в эксплуатацию свыше 65 объектов, из них порядка 50 химических комбинатов – горно-обогатительных, комбинатов по редкоземельным и тугоплавким материалам и т.д. Среди них – такие известные предприятия, как Ловозерский горно-обогатительный комбинат (ГОК), Соликамский магниевый завод, Иртышский химико-ме-

Очень часто, читая различные программы развития электронной отрасли и слушая выступления, задаешься вопросом: дизайн-центры и микроэлектронные производства, пусть и в планах, – это хорошо. Но как будут изготавливаться полупроводниковые приборы, если в стране нет собственного производства кремния электронного качества? Ведь до сих пор никакие программы создание такого производства не предусматривали. Не лучше ситуация и с другими полупроводниковыми материалами. О какой же технологической независимости можно говорить, если нет основы – базовых материалов? Безусловно, купить можно все, например в Китае. Но стратегическое сырье – это ведь не только вопрос экономики. А производство кремния, к тому же, может приносить ощутимый доход. Цена на этот материал на мировом рынке за последние четыре года выросла на 200–400%!

Тем важнее, что в России есть предприятие, которое не только сумело сохранить технологии получения базовых электронных материалов, но и активно их развивает. Об этом – наш разговор с директором ФГУП "Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности "Гиредмет" Ю.Н.Пархоменко.

таллургический завод и т.д. Работы Гиредмета были успешными и чрезвычайно значимыми, за что сотрудники института отмечены Государственными премиями. Не менее важно проектное направление для института и сегодня. У нас есть комплект всех разрешительных лицензий для проектирования особо опасных и взрывоопасных объектов химической, горнохимической и металлургической промышленности. Авторитет Гиредмета в этой области столь высок, что мы проектируем промышленные объекты во многих странах мира.

Гиредмет и сегодня продолжает заниматься такими направлениями, как обогащение полезных ископаемых, переработка промышленных отходов и т.п. Так, специалисты института разработали и внедрили промышленную рентабельную технологию извлечения золота из отходов фосфатной глины, терриконы которой накапливались в Березняках на месторождении титана. И примеров таких много. Вопросы утилизации отходов — одно из важных для Гиредмета направлений. Ведь это — частный случай общей задачи извлечения чистых материалов, на которой всегда специализировался Институт.

Но особую роль для Гиредмета играют полупроводниковые материалы. Когда отечественная электронная промышленность только начинала создаваться, то вопроса о том, кто будет делать материалы, даже не возникало. Естественно, Гиредмет. В 1958 году здесь был выращен первый отечественный германий электронной чистоты, а в 1959 — кремний. Так за институтом и закрепились разработки практически всех видов полупроводниковых материалов для электронной промышленности. Потом появились полупроводники групп A^3B^5 , A^2B^6 , SiC и т.д.

Абсолютно все предприятия, производившие полупроводниковые материалы, созданы по проектам Гиредмета. Это Запорожский титано-магниевый завод, Донецкий горно-химический комбинат (ГХК), Ташкумырский ГОК, Чирчикский завод, Усть-Каменогорский ГХК, заводы в Подольске — Опытный химико-металлургический завод (ОХМЗ) и Подольский ХМЗ (ПХМЗ), Красноярский завод цветных металлов (сейчас — Красноярский ГХК) в Железногорске (бывший Красноярск-26). Проектировали отдельные цеха, в частности — для завода чистых металлов в Светловодске. Именно в Гиредмете рождались практически все отечественные технологии получения полупроводниковых материалов. А также предприятия, которые их выпускали.

Отмечу, сочетание научных разработок технологий, нестандартного оборудования для их реализации и проектной деятельности делает Гиредмет уникальным — второго такого научного центра нет нигде в мире. Учитывая важность научных разработок Гиредмета, квалификацию его сотрудников (1 академик и 2 члена-корреспондента РАН, 15 докторов и 130 кандидатов наук, более 400 инженеров) и уникальную опытно-экспериментальную базу, институту в 1997 году был присвоен статус Государственного научного центра РФ. Авторитет института высок и общепризнан во всем мире, мы выполняем ряд зарубежных заказов — в Китае, Индии и др. Сегодня Гиредмет пе-

реживает новый виток своего развития. Наряду с традиционной тематикой на передний план выходят новые современные технологии синтеза материалов, в том числе — наноматериалов.

В Институте действует мощный испытательный аналитико-сертификационный центр — с аттестатом №1 в России. Авторитет этого центра признается за рубежом. В Гиредмете сосредоточено аналитическое оборудование самого высокого класса. С центром сертификации сотрудничают и Гознак, и таможенные службы, и ФСБ.

Получается, что Гиредмет — это уникальный для современной России пример предприятия, обеспеченного заказами и материальной базой, для работы и развития которого нет преград.

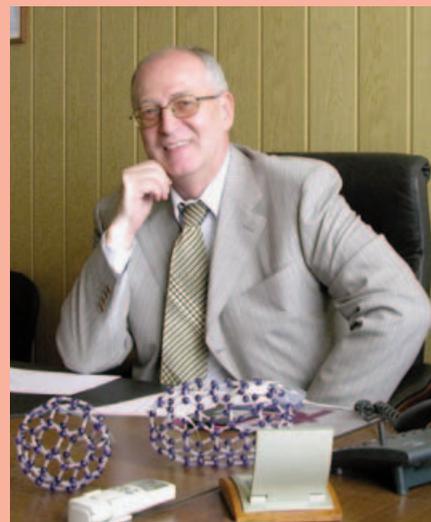
Это не совсем так. Действительно, уникальное сочетание материаловедческих исследований, разработок технологий и оборудования, а также опыта проектной деятельности делают Гиредмет неповторимым, а потому — востребованным во многих областях. Это — сильная сторона Гиредмета. Но переход к рыночной экономике выявил слабую сторону института (впрочем, она свойственна многим предприятиям). Раньше Гиредмет дополнялся опытными производствами, где разрабатываемые технологии внедрялись, апробировались и доводились до промышленного уровня. У нас было пять опытных заводов. Но они располагались в различных республиках СССР. В результате сегодня такие заводы, как Донецкий ГХК и Запорожский титано-магниевый завод (Украина), Ташкумырский ГОК (Киргизия), Исфаринский горно-металлургический комбинат (Таджикистан) оказались за границей. Завод "Уралредмет" в Верхней Пышме (под Екатеринбургом) — основной завод в области редкоземельных металлов — фактически прекратил существование. Подольский ОХМЗ больше не принадлежит Гиредмету. Так институт остался без производства.

А почему это столь критично для научного института? Ведь ваш продукт — это технологии, а не материалы.

Действительно, мы продаем, скажем, не кремний, а технологию его получения. Или проект завода. Более того, поскольку Гиредмет — это государственный научный центр, ему по статусу не разрешено иметь производство, кроме как опытное. Но покупателю нужно только то, что уже отработано, доведено до промышленного уровня. Ведь для всех этих технологий лабораторные эксперименты и полномасштабное производство — это совсем не одно и то же. У нас немало инновационных разработок, но без опытного производства мы не можем довести их до коммерческого уровня. Гиредмет расположен в центре Москвы, рядом с Третьяковской галереей, и создавать на его территории производство абсурдно. Скооперироваться с каким-то заводом пока нереально. Гиредмет — это ФГУП, а заводы в основном частные акционерные общества, и совместная деятельность с ними возможна только на базе общих коммерческих ин-



Юрий Николаевич Пархоменко – доктор физико-математических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники (2005 г.). Выдающийся ученый в области физического материаловедения и физики поверхности полупроводников. Автор более 90 научных работ, ряд монографий и учебных пособий. Значительная часть трудовой биографии Ю.Н.Пархоменко связана с Московским институтом стали и сплавов (МИСИС). Он поступил в этот институт в 1966 году, в 1971 году окончил факультет полупроводниковых материалов и приборов. С 1972 года работает на кафедре материаловедения полупроводников, которую возглавил в 1999 году. За это время основал на кафедре новые научные направления, связанные с материаловедением наноматериалов и технологией их получения, разработкой учебно-научного оборудования для исследования поверхностей твердых тел зондовыми методами, создал новые учебные дисциплины "Методы диагностики и анализа микро- и наноструктур", "Спектроскопические методы исследования".



Юрий Николаевич выступил одним из инициаторов создания (а впоследствии и возглавил) в МИСИС научно-исследовательского центра коллективного пользования (ЦКП) "Материаловедение и металлургия", который приобрел широкую известность как у нас в стране, так и за рубежом. В 2006 году Ю.Н.Пархоменко занял пост директора ФГУП "Гиредмет".

тересов. А внедрение "сырой" технологии поначалу сулит не прибыль, а затраты. Заводы вновь стали проявлять интерес к новым технологиям – но к отработанным и проверенным.

И каков выход?

Нам необходима некая производственная площадка, где разработки доводятся до стадии коммерциализации. В этом нуждается не только Гиредмет, но и все аналогичные учреждения. И по крайней мере для государственных предприятий государство обязано решить этот вопрос. Иначе научные исследования с большим коммерческим потенциалом, в которые уже вложены деньги, так и повиснут в воздухе.

Принципиально важно, что продукция этого опытного производства должна продаваться на рынке. И лишь после того, как эффективность технологии доказана, можно выходить с ней на рынок, предлагать ее крупному бизнесу. А иначе кто будет покупать котла в мешке?

Поэтому намечена стратегия развития Гиредмета как научно-производственного комплекса. В его состав, помимо научно-исследовательских подразделений, войдут и производственные структуры для изготовления высокотехнологичных материалов и готовых изделий. Определенные шаги в этом направлении уже предприняты.

Как можно на конкурентном рынке продавать продукцию опытного производства, ведь ее себестоимость будет заведомо выше аналогичной серийной продукции?

Давайте обратимся к опыту КНР. Например, мы тесно сотрудничаем с китайским Институтом 46. Фактически это одна лаборатория Гиредмета. Пять лет назад мы совместно реализовали три проекта, передав технологию выращивания арсени-

да галлия (6 дюймов), а два года назад поставили в этот институт две промышленные установки. Сегодня там создан цех, стоит уже 28 таких установок и будет еще 20. Есть участок обработки GaAs – то, о чем мы только мечтаем. Ведь GaAs нужен не в слитках, а в виде обработанных пластин. Китайские коллеги все это у себя организовали и продают готовый продукт. Причем по цене даже ниже рыночной. А все накладные расходы – на разработку, на приобретение и амортизацию оборудования, на содержание помещений и т.п. государство КНР берет на себя, все эти издержки в себестоимость продукции не входят.

В том же институте по аналогичной схеме производят и монокристаллический кремний – поставили пять ростовых установок по Чохральскому, две установки бестигельной зонной плавки, участок обработки пластин. И продают кремниевые пластины, ориентируясь на рыночную цену.

Такова государственная политика Китая – любой ценой зайти на рынок и захватить нишу. По крайней мере для специальной техники это – эффективный подход. Такая модель НИИ с опытным производством оптимальна и для России. Ведь если включать все затраты на разработку и оборудование в цену опытной продукции, она будет дороже бриллиантов. Такой, скажем, арсенид галлия даже военные не купят, хоть штамп на него ставь "Сделано в России". А иного пути нет. Без коммерциализации разработок научным учреждениям приходится рассчитывать лишь на бюджетное финансирование. А его, как известно, практически нет.

Стоит отметить, что в китайском институте, о котором я рассказывал, две установки выращивания GaAs разработаны в Гиредмете, а все остальные – только китайские. Из пяти ростовых установок методом Чохральского три американские и уже две китайские, воспроизведенные один к одному. Там такой подход – все воспроизводить у себя. Проехали по всему миру,

закупили самое передовое оборудование – и воспроизвели. Теперь готовы продавать нам. Чистые комнаты класса 10 изготавливают тоже сами. Сегодня Китай имеет самый большой в мире опыт создания чистых помещений. Только за последний год в КНР построено порядка 30 предприятий, оснащенных чистыми комнатами (в Европе – одно-два, в России – ноль). Поэтому китайские проектные институты, равно как и предприятия, выпускающие оборудование для чистых комнат – кондиционеры, доводчики и т.п., – весьма высокого уровня. И к китайскому технологическому оборудованию для микроэлектроники стоит относиться серьезно.

Среди работ Гиредмета заметно выделяется направление кремниевых технологий. Какова сегодня ситуация с этим базовым для всей электронной отрасли материалом?

Кремний лежит в основе всей электроники, и так будет продолжаться еще минимум лет 30. Сегодня потребность в этом материале колоссальная. Прежде всего, постоянно растет спрос со стороны электронной промышленности, которая развивается со средними темпами 6–6,5% в год. А в связи с государственной поддержкой высокотехнологических секторов экономики в таких странах, как КНР, Индия, Бразилия, потребности в кремнии для электроники будут только увеличиваться. Сегодня в мире производится порядка 20 тыс. тонн кремния высокой чистоты для нужд электроники. Но появилась и вторая составляющая – солнечная электроэнергетика. Кремний в больших объемах требуется для фотоэлектронных преобразователей (солнечных батарей). В текущем году потребление "солнечного" кремния составило 10 тыс. тонн. Итого – 30 тыс. тонн поликристаллического кремния в год. Напомню, еще пять лет назад мировая потребность в кремнии составляла 15 тыс. т. По прогнозам, через два-три года потребности в электронном и солнечном кремнии сравняются, и к 2010 году суммарный спрос на этот материал составит 60 тыс. т.

Откуда столь высокий спрос на кремний для фотоэлектроники? Ведь еще несколько лет назад казалось, что массовый спрос на эти источники энергии будет ограничен из-за дороговизны генерируемого ими электричества.

Действительно, сегодня себестоимость киловатт-часа электроэнергии от солнечной батареи оценивается примерно в 5 евро. Однако уже к 2010 году в Европе 1 кВт ч солнечной энергии должен стоить 1 евро. В США планы еще более амбициозны: в 2020 году – 10 центов за кВт ч, а к 2025–2030 году – уже 3 цента. Возможности снижения себестоимости электроэнергии связаны с рядом факторов. Прежде для солнечных элементов в основном использовались отходы микроэлектроники и брак от производства электронного кремния. Например, в СССР на кремний для фотоэлектроники даже не было ГОСТа.

Поэтому КПД фотопреобразователей из некондиционного материала была низкой – 10–12%.

Энергетический кризис 1971 года был первым звонком для мировой индустрии, заставившим всерьез задуматься о солнечной энергетике. В ряде стран – США, Японии, Западной Европы – были запущены национальные программы развития этого направления. Появился пленочный аморфный кремний (a-Si), затем – гидрогенизированный аморфный кремний (a-Si:H). Были созданы солнечные батареи на гибких подложках. Фотопреобразователи на a-Si:H оказались относительно дешевы, но их КПД не превышал 6–7%.

В 80-х годах появилось новое направление – мультикремний. Это – крупноблочный поликристаллический кремний, который получают, расплавляя кремний и отливая его в формы. Этот материал невысокого, по меркам микроэлектроники, качества. Но зато технология его получения гораздо дешевле, поскольку не нужно выращивать монокристаллы. Вместо ростовых установок по Чохральскому используют компактные металлургические печи. КПД батарей на таком материале не превосходит 12%, но цена существенно ниже.

Последним толчком в развитии солнечной энергетике явился длящийся уже два года рост цен на энергоносители. Важным стимулом стал также переход электронных производств на 300-мм пластины. Напомню, в микроэлектронике проще построить новый завод, чем переоснастить старый. Куда девать 150- и 200-мм производства? Выход – занять их солнечными батареями. Такова ситуация и на Тайване, и в США, и в Европе.

А рынок колоссален. В Японии – мировом лидере по развитию солнечной энергетике – годовой прирост производства солнечных батарей составляет 37%. В Германии и в Китае – 30%. В эту сферу направляются частные и государственные инвестиции. Даже в развивающихся странах сегодня действуют государственные программы альтернативных источников энергии. В Китае только при участии Гиредмета строятся два завода поликремния, сейчас подписываем контракт на третий. В Индии мы участвуем в двух аналогичных проектах. Для первого разговора приезжали бразильцы. Недавно вели переговоры с делегацией из Туниса.

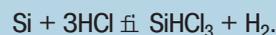
Отметим, что привычный подход: солнечный Si – более низкого качества, чем электронный – сегодня не работает. Недавно к нам приезжала делегация из Тайваня – страны с самой высокой в мире плотностью электронных технологий. Причем Тайвань не может вести работы широким фронтом, он сосредотачивается на особо перспективных направлениях и неизменно добивается в них успеха. Так вот: представители Тайваня серьезно интересовались созданием солнечных батарей. Они полагают, что сегодня солнечная энергетика – одно из самых важных направлений в электронной промышленности. Причем речь шла о батареях с КПД не ниже 24% (а это кремний электронного качества), но с себестоимостью 15 долл./кг. Они проанализировали все, что есть в мире, и пришли к выводу, что не-



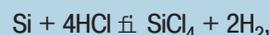
Сименс-процесс

Основная идея метода – получение из металлургического кремния (содержание примесей – до 2%) трихлорсилана SiHCl_3 (жидкость), его ректификационная очистка и восстановление с образованием чистого поликристаллического кремния.

Трихлорсилан получают, как правило, гидрохлорированием металлургического кремния при температуре 260–400°C :

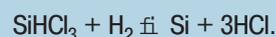


При этом как побочный продукт образуется и силан:



а также другие хлорсиланы и галогениды металлов.

Поликремний из очищенного трихлорсилана и получение поликремния проводят в реакторе водородного восстановления:



Реакция проходит на поверхности разогретых кремниевых стержней (реже – пластин). Побочный силан отделяется от трихлорсилана и восстанавливается до SiHCl_3 в реакторе гидрирования (конверсии) при температуре 1250°C в среде H_2 .

Основные энергозатраты приходятся на водородное восстановление и на конверсию – порядка 100 кВт ч на 1 кг кремния. На все остальные операции – получение HCl , SiHCl_3 , ректификацию, конденсацию и т.п. – тратится еще 50 кВт ч/кг.

обходимая им технология есть в Гиредмете. Причем завод они собираются строить на континентальном Китае – видимо, в не-малой степени из соображений экологии. Все это доказывает: солнечная энергетика нуждается в кремнии высокого качества.

Причем для каждого материала в солнечной энергетике есть своя ниша. В пустыне, например, КПД не важен – огромные территории можно застелить дешевой пленкой аморфного кремния с КПД 5–6%. А вот в Японии, где свободное пространство – только крыши и в домах высока концентрация электронных устройств, надо использовать самый эффективный материал с КПД 20–25%.

Перспективы огромны. Уже сегодня поликремния катастрофически не хватает. Соответственно, выросла его цена – с 30 долл./кг (для Si электронного качества) в 2002 году до 130 долл./кг для оптовых покупателей в 2006 году. Подчеркиваю, – это для постоянных потребителей, с кем работают годами. А при разовых поставках цены доходят до 180–200 долл./кг. КНР проплачивает фьючерсы на 10 лет вперед по 80 долл./кг. А поскольку себестоимость материала сильно не возросла, прибыль от производства поликремния стала фантастической.

Но если потребность в поликремнии столь велика, почему уже сегодня не началось его более масштабное производство?

Это не так просто. В мире нет другого материала с крупнотоннажным производством и чистотой порядка 10^{12} атомов неконтролируемой примеси на 1 см^3 . Его выпускают всего восемь основных изготовителей в трех странах – в США, Германии и Японии. Когда-то этих стран было четыре. СССР выпускал 10% мирового поликремния, в 1986 году его произвели 1100 т.

Сейчас в России вообще нет производства поликремния. Как и на территории бывшего СССР. ПХМЗ прекратил выпуск поликремния в 2002 году. Запорожский завод остановлен в 1997 году, Донецкий – в 1998. Ташкумырский ГОК так и не был запущен на проектную мощность и стоит. Завод в Чирчике полностью растащен, как и ГХК в Орловке (Киргизия).

Отмечу, что на Украине производство поликремния восстанавливают. В частности, на Запорожском титано-магниево-комбинате инвестором выступает крупнейший немецкий концерн Bayer. Денег выделено достаточно, и в марте-апреле 2007 года планируется приступить к выпуску поликремния. По оценкам, его себестоимость составит порядка 50 долл./кг, поскольку технология и оборудование там сильно устарели – уровень 70-х годов прошлого века. Комбинат будет рассчитываться с инвестором продукцией, поставляя ее по цене 80 долл./кг в течение двух лет. Аналогичная ситуация и в Донцке.

Много проектов поликремниевых производств реализуется в Китае. Ведь процесс получения поликремния энергозатратен, а в КНР – самая дешевая в мире электроэнергия. Например, сейчас мы по контракту проектируем завод в городе Ичан на

1500 т поликремния в год, недавно там был заложен первый камень. Но рядом с этим городом – крупнейший в мире сычуаньский комплекс ГЭС "Санься", где самая дешевая электроэнергия в Китае. Причем ГЭС будет одним из учредителей кремниевой компании. Ну и, конечно, в КНР занижены экологические требования. В результате китайский поликремний намного дешевле, чем в любой другой стране. Если раньше в Китае был девиз: в каждой провинции – по домне, то теперь, похоже, аналогичная ситуация с поликремнием. Порядка 10 провинций Китая хотят построить у себя такие производства. В том числе – используя технологии Гиредмета.

А что же в России?

Была надежда на Красноярский ГХК. Его ждут с 1997 года. В этот проект уже вложено свыше 300 млн. долл. На эти деньги можно было построить два завода с объемом производства поликремния 1,5 тыс. т/год каждый. Вроде бы есть план запуска ГХК в 2007 году. Но для этого нужно еще вложить 810 млн. руб. И речь идет лишь об опытном производстве, 200 т в год. Может быть, через 3–4 года удастся выйти на 500 т в год. А по оценкам, минимальный уровень безубыточного производства – около 1000 т/год. Поэтому судьба Красноярского ГХК под большим вопросом.

Почему с этим проектом возникли такие проблемы?

Еще в 1997 году был создан координационный совет по поликремнию, образованный Минатомом и Министерством науки и технологий. В этот совет входили ведущие специалисты по

производству кремния. Были очень серьезные дискуссии – где организовывать производство, какую технологию использовать. Скажу прямо: Минатом решил, что все сделает силами собственных научных центров. Гиредмет хоть и назначили головным институтом, но лишили возможности определять технологическую идеологию. Ему отводилась роль проектного института по требованиям, выставляемым заказчиком. Приводили аргумент: Гиредмет использует традиционный Сименс-процесс, который-де устарел. Но по этому процессу производится 80% всего поликремния в мире. Заявлять, что Гиредмет использует устаревший Сименс-процесс, по меньшей мере некорректно. Это равносильно утверждению, что устарел "Мерседес". Но "Мерседес" выпуска 1956 года явно отличается от "Мерседеса" 2006 года. Так и современный Сименс-процесс отличается от прежних вариантов. Это фактически новая технология, сохраняются лишь общие принципы (см. врезку).

Видимо, сыграли роль и амбиции Красноярского ГХК. Ведь рядом – Красноярский завод цветных металлов, который когда-то выпускал поликремний по нашим первым технологиям. Многие специалисты с этого предприятия перешли на ГХК создавать новое производство, и руководство решило, что их квалификации достаточно.

В результате был допущен ряд серьезных идеологических ошибок. Например, отказались от производства трихлорсилана, поскольку рядом (600 км) – химические предприятия Усолья-Сибирского, в том числе – завод кремнийорганических соединений "Усолье-Сибирский Силикон". Везти трихлорсилан можно оттуда. Но сегодня это предприятие принадлежит группе НИТОЛ, в планах которой – через два-три года организовать собственное производство поликремния. Будет ли эта компания поставлять сырье конкуренту – большой вопрос.

Другой пример – печи для получения поликремния из трихлорсилана. Обычно этот реактор представляет собой конструкцию (высота – 3 м, диаметр – 1,5 м), в которой на закрепленные снизу на пьедестале поликремниевые стержни (на них и конденсируется поликремний) надевается колпак, закрывающий рабочую зону печи. На новом производстве решили поступить наоборот – опускать стержни в печь. Такие печи сделали на "Красмаше" и оснастили производство. Может быть, идея и не лишена смысла, но она – чрезвычайно сырая и не отработанная. Как такие печи поведут себя при эксплуатации, неясно. Производство поликремния – чрезвычайно консервативный процесс, причем взрыво- и пожароопасный. Там каждый шаг нужно делать очень аккуратно. Поскольку на предприятии заложена промышленно не проверенная технология, совершенно неизвестно, какие еще проблемы проявятся при запуске производства. Если, конечно, до него дойдет.

Отметим, что дело не только в технологических просчетах. Требования заказчика предусматривали и явно избыточную инфраструктуру. В частности, чрезмерно большое пожарное депо и бомбоубежище. Это руководство местного подразделения

МЧС за счет проекта захотело построить центр пожарной техники. Так надо разбираться с МЧС и снимать такие требования, а не обвинять проектировщиков! Подобных примеров можно привести еще немало.

Поэтому сегодня попытки объяснить трудности Красноярского ГХК некачественным проектом вызывают удивление. К проектным работам претензий нет, что удостоверяют соответствующие подписанные акты. А все исходные данные задавал заказчик. Однако суть проблемы ясна – этому проекту сегодня не хватает финансирования. Ведь при создании подобных объектов долгострой недопустим. Через 10 лет еще не построенное предприятие устареет.

Тем не менее, Гиредмет старается способствовать пуску Красноярского ГХК, поскольку Россия даже в таком производстве чрезвычайно нуждается.

Если столь высока рентабельность производства поликремния, неужели оно не привлекает инвесторов?

Разумеется, привлекает. В России реализуется еще три проекта (все – по Сименс-процессу), в каждом из которых предполагается участие Гиредмета. Во-первых, уже упомянутая группа НИТОЛ планирует создать в Усолье-Сибирском производство начальной мощностью 2 тыс. т/год и через пять лет довести его до 5 тыс. т/год. Кроме того, новое производство поликремния на 1,5 тыс. т/год будет организовано на Подольском ХМЗ. Прорабатывается и еще один частный проект создания в Восточной Сибири предприятия на 3,5 тыс. т/год.

Все новые российские производители поликремния будут ориентированы на зарубежный рынок?

Конечно. В России пока потребляется едва ли больше 50 т в год. Но это процесс взаимный. Будет свой кремний – будут и обрабатывающие его предприятия. В Гиредмете разрабатывается новое технологическое оборудование и для обработки кремния. У нас есть новые разработки ростовых установок по Чохральскому, установка для мультикремния и др. Сейчас же те немногие предприятия, которые обрабатывают поликремний – НПО "Луч", "Элма", ПХМЗ – работают на давальческом сырье. Своего кремниевого скраба (лома кремниевых пластин) в России не осталось, поскольку нет микроэлектронного производства, и взять его негде.

Будет ли развиваться технология получения поликремния?

Сименс-процесс – это классика, т.е. технология, которая гарантирует результат. Но по капитальным затратам Сименс-процесс самый дорогой. Тем не менее, 80% поликремния в мире производится именно по Сименс-процессу. Однако почти все производители кремния по Сименс-процессу – это бывшие и действующие химические концерны. Они получают и используют трихлорсилан для других своих продуктов. Рынок кремний-



органических соединений очень велик. На синтез трихлорсилана много энергии не надо. При этом возможны различные варианты оптимизации работы. Например, в технологическом цикле компании Mitsubishi нет конверсии SiCl_4 в SiHCl_3 — одной из наиболее энергозатратных процедур. Компания реализует силан как самостоятельный продукт, поставляя его соседней компании Degussa. Та использует его для производства аэросила, возвращая Mitsubishi по трубопроводу HCl. В результате одна фирма не тратится на переработку SiCl_4 , другая — на HCl.

Вместе с тем, во всем мире, в том числе — и в Гиредмете, работают над упрощением и удешевлением технологии получения поликремния. Хотя бы для солнечной энергетикки, поскольку там ряд требований все же упрощен, а удельный вес кремния в себестоимости продукции существенен. Скажем, определенный интерес представляет процесс карботермического восстановления (по схеме $\text{SiO}_2 + \text{C} \rightarrow \text{Si} + \text{CO}_2$), о котором, в частности, говорит директор НИИ особо чистых материалов Б.Г.Грибов. Или восстановление SiO_2 в плазме, разложение моносилана в реакторе кипящего слоя и другие проекты. Но все эти работы нужно доводить до промышленного производства. Специфика данных технологий в том, что результаты в лабораторных условиях — это одно, в промышленных — совсем иное. А экспериментальной промышленной площадки нет. Когда-то все новые технологии отрабатывались на Запорожском комбинате или в Подольске. Тогда буквально в течение полугода можно было получить ответ: годится метод или нет. И стоит ли его развивать дальше.

Поэтому мы и говорим о необходимости опытной производственной площадки. Первый поликремниевый завод в Китае, построенный по нашему проекту (1260 т/год), должен быть запущен 28 февраля 2007 года. Там реализован обычный Сименс-процесс. А вот в следующем проекте предполагается более совершенная технология. Мир не стоит на месте, нам также нужно развивать и даже принципиально менять свои кремниевые технологии. Но на это требуются целевые инвестиции, поскольку в инициативном порядке подобные работы не провести.

Кроме того, в стране в ряде мест проходят какие-то инициативные исследования, на лабораторном оборудовании. Их нужно систематизировать. Чем больше исследователей занимаются этой проблемой, тем лучше. Но кто-то должен эти работы координировать и контролировать. Например, необходимо грамотно сформулировать техническое задание, чтобы результаты имели практическую ценность. Речь не идет о распределении денег. Но кто лучше наших специалистов может выдать техническое задание? Здесь Гиредмет и должен сыграть ключевую роль. Раньше подобные функции выполняли главки министерств. Сегодня министерству не остается ничего иного, кроме как опереться на головные организации, дав им координирующие функции главка.

То есть вам нужна своя федеральная программа?

Нет. Но мы должны участвовать в формировании федеральных целевых программ (ФЦП). Вот сейчас сформировали новую редакцию ФЦП "Национальная технологическая база" на 2007–2011 годы. Ее раздел "Электронная компонентная база" без слез не прочтешь. Как можно создавать национальную технологическую базу, обеспечивающую безопасность страны, если нет раздела о материалах? Ведь в электронной промышленности ни одного предприятия, производящего материалы, сегодня не осталось. А проекты, о которых мы говорили, частные. И это еще только проекты.

Речь идет не только о кремнии. На чем делать СВЧ-электронике, оптоэлектронике? Ведь Гиредмет не был приглашен ни в одну из рабочих групп. И мнения его специалистов никто не спрашивал. Да, так сложилось, что Гиредмет не входит в Роспром. Но мы же объективно работаем на всю электронную отрасль России. У нас налажена работа и с "Пульсаром", и с "Истоком", и с ЦНИИ 22 Минобороны России.

В институте активно ведутся работы по материалам групп A^3B^5 и A^2B^6 . Совместно с Институтом космической энергии мы уже начали делать приборные структуры (а не просто поставлять материалы) для рентгеновских преобразователей. Я помню, как были удивлены специалисты ЦНИИ 22 Минобороны России, что в Гиредмете сохранились и развиваются все полупроводниковые и металлургические направления для электроники. У нас есть практически полный спектр современных материалов. Институту выдан сертификат системы "Военэлектронсерт" — единственному российскому производителю электронных материалов. Формально только мы имеем право поставлять материалы в рамках контрактов Минобороны.

Все это свидетельствует: Гиредмет — это современное по мировым меркам предприятие с огромным инновационным потенциалом. И если вкладывать в него средства, они окупятся сторицей. По прогнозам, в 2020 году стоимость солнечной электроэнергии сравняется со стоимостью электричества, полученного при сжигании нефтепродуктов и газа. Но это может стать реальностью при соответствующем развитии технологий, и одна из ключевых ролей в этом процессе должна принадлежать Гиредмету. Для этого в институте есть все. А ведь не менее актуальны и другие направления микроэлектронного материаловедения.

Давайте разговор о других направлениях работы Гиредмета в области электроники перенесем на страницы следующих номеров журнала.

Спасибо за содержательный рассказ. Позвольте от имени редакции поздравить весь коллектив института с 75-летием и пожелать дальнейших успехов.

С Ю.Н.Пархоменко беседовали
И.Г.Титова и И.В.Шахнович