

КВАРЦ И КРЕМНИЙ ДЛЯ НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Р. Ш. Насыров

Институт минералогии УрО РАН, ЮУрГУ, г. Миасс

Сегодня одним из критериев уровня развития научно-промышленного потенциала государств является объем использования высокочистых кварцевых продуктов и производимой из них продукции. Включение проблемы получения высокочистого кварцевого сырья в государственный перечень особо важных, приоритетных направлений развития науки и техники свидетельствует об уровне необходимости такого материала современным производствам.

Высокочистый кварцевый концентрат применяется во многих высокотехнологичных отраслях промышленности, таких как производство высококачественных однокомпонентных и легированных кварцевых стекол, а также синтез порошкового и поликристаллического слитка металлургического кремния (MG) чистотой 3N-4N (99.9–99.99) %, из которого в последующем производят «солнечный» кремний (SG) чистотой 7N-8N и полупроводниковый кремний (EG) чистотой 9N-11N.

Области применения высокочистых кварцевых стекол

Кварцевое стекло, благодаря своим уникальным свойствам, занимает особое положение среди всех промышленных стекол.

Развитие самых современных отраслей науки и техники: оптики и светотехники, авиации и космонавтики, химии веществ высокой чистоты и приборостроения, волоконно-оптических технологий связи, ядерной энергетики и т.п. в значительной мере определяется уровнем использования плавленных кварцевых материалов.

Основные ценные свойства кварцевого стекла – это:

- небольшой коэффициент термического расширения,
- высокая прозрачность во всем оптическом диапазоне,
- механическая прочность,
- термостойкость,
- химическая инертность,
- высокие электроизоляционные свойства.

Высокочистое кварцевое стекло применяется для изготовления:

1. Кварцевых труб различного назначения, применяемых:

- для производства, высокотемпературных ламп (ртутных, галогеновых, ксеноновых, ультрафиолетовых),
- при изготовлении рабочих камер оптолучевых печей высокого газового давления для выращивания монокристаллов веществ с высокой упругостью паров или в заданной газовой среде,
- при создании высокотемпературного термического оборудования, в частности, для синтеза высокочистых веществ и т.п.

2. Изделий оптической промышленности:

- линзы и призмы оптических приборов, телескопов, дифракционные линзы,
- проекционные дисплеи, считывающие головки сканирующих устройств и принтеров,
- фото и видео приборы,
- иллюминаторы космических и глубоководных аппаратов,
- смотровые устройства высокотемпературных технологических аппаратов и т.п.,
- технологические, медицинские, приборные лазеры.

3. Волоконно-оптических устройств:

- передачи интенсивной световой, лазерной энергии,
- абонентской, приборной, технологической связи,

- видеоконтроля среды и процессов в живых организмах и опасных производствах,
- технологических лазеров различного назначения, мощностью до десятков кВт,
- оптических усилителей в системах связи.

4. Особо чистых труб, с суммарным содержанием примесей < 25 ppm;

- труб большого, (до 550 мм), диаметра, используемых в качестве камеры при проведении различных термических операций с кремниевыми пластинами,
- кассет для полупроводниковых пластин.

5. Тиглей больших геометрических размеров;

- диаметром до 800 мм для производства поликристаллических слитков и монокристаллических кремниевых изделий больших размеров.

6. Аппаратов, посуды для химических лабораторий и отдельных химических производств.

7. Кварцевых нитей и тканей для производства;

- огнеупорной изоляции кабелей, шлангов, поверхностей космических возвращаемых аппаратов,
- фильтров агрессивных жидкостей и парогазовых смесей,
- высококачественных ламинируемых пластиков для печатных плат.

8. Особо точные оптические приборы; гироскопы, акселерометры, дальнометры.

Области применения кремниевых продуктов

1. Кремний металлургического производства MG;

- применяется в металлургии при выплавке чугуна, сталей, бронз, силумина и других сплавов в качестве раскислителя, модификатора,
- для производства более чистого кремния градации SG и EG,
- для производства кремнийорганических масел, компаундов, красок, клеевых композиций, резин, а также различных силанов.

2. Кремний градации SG используется при производстве фотопреобразователей для систем фотовольтаики различной конструкции – пленочной, монокристаллической.

3. Кремний EG

- применяется при производстве полупроводниковых приборов и устройств,
- используется для изготовления зеркал газовых лазеров,
- материал при производстве оптических инфракрасных датчиков,
- кремниевые трубы для использования в трубчатых высокотемпературных печах.

4. Силициды, соединения кремния с металлами

- широко используются в электронной и атомной промышленности в качестве материалов с широким спектром полезных химических, электрических и ядерных свойств, таких как устойчивость к окислению, радиационному повреждению,
- силициды ряда тугоплавких металлов и элементов являются важными термоэлектрическими материалами.

5. Карбид кремния – это;

- абразивные материалы,
- высокотемпературные нагреватели,
- регулирующие стержни в атомных реакторах,
- детали двигателей ракет,
- пары трения и детали насосов для перекачки химически агрессивных сред,
- износостойкие сопла пескоструйных аппаратов, высокотемпературных газовых технологических печей.

Конечно, перечисленный перечень областей применения продукции из высокочистого кварца не полон, но даже этот перечень свидетельствует о степени важности для государства работ по научному и технологическому исследованию кварцевого сырья.

Отдельной темой для обзорного сообщения может быть использование нанокремниевых структур. Это резонировало бы с научной и прикладной актуальностью изучаемых проблем, но значительно расширило бы объем сообщения.

Но рассмотрение вопроса использования кремния в системах энергообеспечения, безусловно, необходимо.

Кремний для электроэнергетики

Изложение этой части обзора можно предварить цитатой-эпиграфом журнала *ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК*, 1998, том 68, № 2.

«Одна из наиважнейших задач человечества в наши дни – обеспечение растущих потребностей в энергии, поиск ресурсосберегающих и экологически чистых технологий ее получения».

Исследования ученых, посвященные общемировой демографической ситуации и уровня жизни населения земли показывают, что американский уровень жизненного комфорта по биоресурсным и энергетическим возможностям сегодняшних технологий и окружающей природы возможен, в лучшем случае для 1/3 населения планеты. Наиболее сложна проблема производства энергоресурсов. Сегодня в мире ежегодно вырабатывается ~ 15 ТВт тепловой и электрической энергии, преимущественно, тепловыми станциями, и по прогнозам к 2050 году – потребление удвоится, источники углеводородов перестанут удовлетворять потребности, возникнет энергодефицит. Сегодня для производства ежегодного объема тепловой электроэнергии сжигаются углеводородные топлива, накопленные землей в течение 2-х миллионов лет [Hunt, 1992]. Самые оптимистичные прогнозы свидетельствуют о полном истощении углеводородного сырья планеты в течение 150 лет. Выбросы продуктов работы ТЭС сказываются на здоровье населения, ухудшают биологические возможности земель в результате кислотного отравления, приводят к более интенсивному, чем от атомных электростанций, накоплению в окружающей среде радионуклидов, что связано с адсорбционной активностью углеводородов, особенно угля, Это способствует накоплению в них тяжелых металлов.

Громадные ГЭС изымают из сельскохозяйственного оборота наиболее плодородные пойменные, луговые земли. И это притом, что на земле сегодня голодает до 2-х млрд. человек. Обширные водные пространства изменяют региональный климат и не всегда в лучшую сторону, нарушают гидрогеологическое равновесие земной поверхности, служат источником потенциальных катастроф, (Саяно-Шушенская ГЭС).

АЭС в западноевропейских странах обеспечивает производство около 50 % потребляемой электроэнергии, в России 10–12 %. В оценке достоинств и недостатков такого вида источников электроэнергии, конечно, нужно бы отвлечься от бытовой радиофобии. Но Чернобыль..., а также наши проблемы утилизации не только наших ядерных отходов отнюдь не прибавляют оптимизма и надежд на широкое использование такого вида энергии.

Перспектива использования термоядерных источников энергии снова отодвинута на 50 лет.

Между тем есть еще различные альтернативные источники энергии: ветровая, приливная, геотермальная, солнечная. Совокупные запасы энергии альтернативных источников составляют 15–17 ТВт, а количество солнечной энергии, поступающее на землю, составляет 120 ТВт ежегодно. Полное количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли за неделю, превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана [Стребков, 1991], [Энергетика..., 1992]. По данным Fraunhofer Institute доля фотовольтаики в энергетическом балансе планеты к 2050 году превысит 50 %. Фотовольтаика очень динамично развивающаяся энергетическая отрасль. В 2008 году мировые инвестиции в нее составили 12.5 млрд долларов, оборот индустрии – 37 млрд долларов.

Некоторые аналитики говорят о низкой эффективности использования солнечных преобразователей в России из-за низкой суточной солнечной инсоляции, забывая, что в

южных регионах страны, а также в Якутии, Забайкалье, на Дальнем востоке число солнечных дней в году столько же, сколько в Италии, Франции, Испании. Многие страны мира; США, Япония, Германия, Испания, а также Италия, Австралия, Китай, Казахстан, Киргизия и др. принимают энергичные, поддерживаемые государством, меры по использованию солнечной энергии. Многие из этих стран планируют посредством фотовольтаики выработку 50 % потребляемой электроэнергии. В России сегодня производится менее 1 %.

Одним из сдерживающих факторов широкого использования солнечной энергии является высокая стоимость солнечных преобразователей и, соответственно, электроэнергии. Но по научным прогнозам уже к 2020 году стоимость солнечной электроэнергии сравняется со стоимостью тепловой электроэнергии благодаря увеличению КПД фотопреобразователей и снижению технологических затрат на их производство. Эти задачи формируют техническое задание на проведение комплекса научных исследований от восстановления кварца до создания солнечных элементов.

Научный потенциал Института минералогии может быть использован в решении задач создания особо чистого кварцевого концентрата из природного сырья, разработки технологий получения высококачественных кварцевых стекол, поликремния, способов очистки кремния и выращивания из них монокристаллов.

Для этого у Института имеется научный и технический задел;

- разработаны технологии обогащения кварцевого сырья (заявки на изобретение),
- институт оснащен современными аналитическими приборами,
- имеется ряд высокотемпературных отжиговых, плавильных и ростовых установок,
- налажены прочные деловые контакты с промышленностью и высшей школой,
- высок профессиональный уровень научных кадров.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-12059.

Литература

- Стребков Д. С., Муругов В. П.* Энергосбережение и возобновляемые источники энергии. ВСН. М.: Агропромиздат, 1991. № 2, (413). С. 117–125.
- Энергетика мира: уроки будущего / Под ред. И. А. Башмакова.* МТЭА. М., 1992. 355–380.
- Hunt V. D.* Solar Energy dictionary, Industrial Press Inc., New York, 1982. 5.
- Robertson G.* A typical day in the life of planet earth Sun World. September 1992. Vol. 16. № 3, 9.