

Рынок синтезированных монокристаллов (сапфиров): реалии и перспективы



Е. А. Рыбкина,
к. э. н., доцент кафедры менеджмента,
ФГБОУ ВО Казанский государственный
энергетический университет
fishkarea@mail.ru

Статья посвящена наукоемкому и экспортно ориентированному производству такого инновационного материала, как искусственный (синтетический) сапфир, который реализуется на быстро растущем рынке. Для формирования целостного представления о материале и технологии его синтеза рассматриваются физико-химические свойства синтетического сапфира, основные методы его выращивания и области применения. Обозревается в ретроспективе и в перспективе объем мирового рынка сапфировых изделий по сегментам: рынок подложек (применения в электронной промышленности) и рынок стекол для часов. Анализируются основные представители рынка синтезированных монокристаллов из Российской Федерации, Соединенных Штатов Америки, Южной Кореи Китайской Народной Республики. Выявляется актуальный объем завоеванного российскими производителями рынка синтетических сапфиров. Прогнозируется место российских производителей на международном рынке синтетических сапфиров в ближайшем будущем, т. е. потенциальный объем экспорта отечественной продукции.

Ключевые слова: искусственный (синтетический) сапфир, лейкосапфир, инновационность, объем рынка, импортозамещение.

Введение

Ресурсы сырьевой модели экономики России исчерпаны. И это факт, о котором свидетельствует актуальная ситуация на нестабильной политической и финансово-экономической арене: борьба за территорию и расположенные на ней ресурсы; спекуляции на финансовых рынках, отрицательная динамика внутреннего валового продукта, спад инвестиций в основной капитал, строительство, снижение годовых темпы обрабатывающих производств, реальной заработной платы, рост уровня безработицы среди экономически активного населения, и один из самых ключевых фактов — бесперспективные прогнозы в отношении цен на нефть. К сожалению, на фактически происходящих событиях (фактах), убеждаемся в очевидности и неизбежности инновационного пути развития экономики страны, говорим об актуальности импортозамещения в стране, о необходимости внедрения инновационных технологий в производственные процессы и развитии наукоемкого производства, как о единственном пути, ведущем к успеху. В этой связи особый интерес вызывает организация производства на территории Российской Федерации или наращивание производственных мощностей по производству такого инновационного материала, как искусственный (синтетический) сапфир. Инновационность материала обуславливается его свойствами, позволяющими непрерывно расширять области применения в науке и технике.

1. Синтетический сапфир

Искусственный сапфир (лейкосапфир) — это уникальный материал, являющийся разновидностью корунда и представляющий собой бесцветный прозрачный минерал, оксид алюминия Al_2O_3 . В виду ограниченности природных минералов и их высокой стоимости (драгоценности) для технических целей искусственно выращивают сапфиры, максимально приближенные по физико-химическим свойствам природным. Материал сочетает в себе высокую твердость, прочность, химическую и радиационную стойкость, высокую температуру плавления и оптическую прозрачность, что делает его незаменимым в микро- и оптоэлектронике, оптике и приборостроении, медицинской и часовой промышленности, автомобилестроении, а также в авиационной и ракетно-космических отраслях.

В настоящее время продукция, получаемая из синтезированных монокристаллов (сапфиров), обладает достаточно высокой потребительской стоимостью, на нее сформирован устойчивый спрос в таких отраслях, как микроэлектроника и оптоэлектроника. Например, создаваемые на основе светоизлучающих диодов высокой яркости электронные компоненты и изделия являются ресурсосберегающими: потребляют меньшее количество энергии и выделяют меньше тепла. На рис. 1 структурно изображены основные области применения синтетического сапфира.

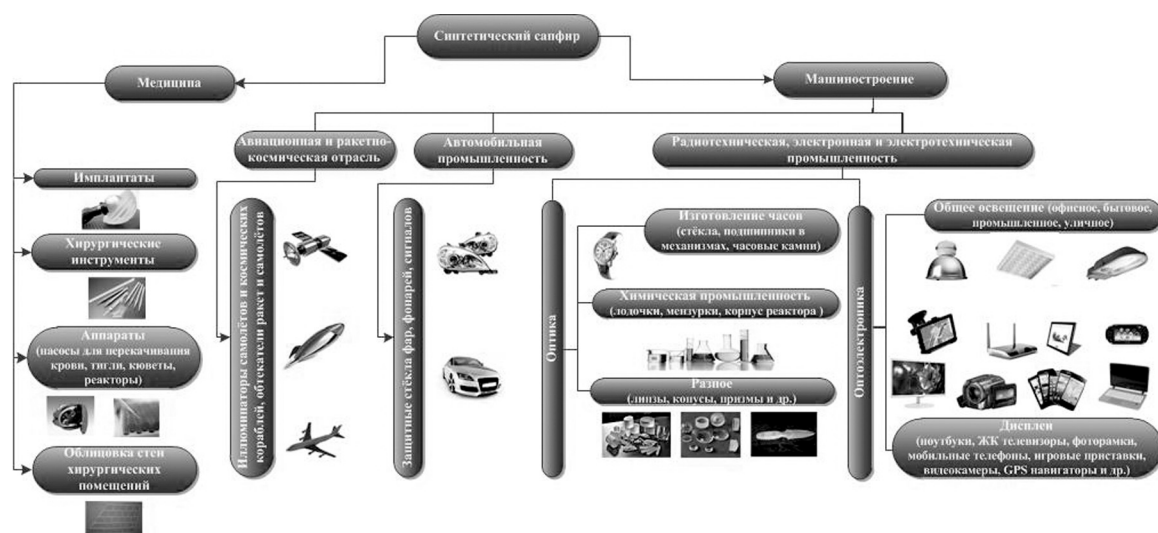


Рис. 1. Области применения синтетического сапфира

Одним из важнейших направлений в развитии промышленных масштабов производства кристаллов сапфира является поиск и выбор технологии (метода), формирующих себестоимость получаемого материала. В настоящее время в качестве основных методов выращивания лейкосапфира выделяют метод Вернейля, метод Чохральского, метод Киропулоса, метод горизонтальной направленной кристаллизации (ГНК) и метод Степанова [1]. Вследствие технической простоты, надежности и экономической целесообразности самым распространенным является метод Мусатова (модифицированный метод Киропулоса). Многообразие методов обусловлено непрерывным поиском инновационного способа выращивания крупногабаритного лейкосапфира (пластин большого диаметра) с заданными требованиями к качеству (отсутствие дефектов и однородность структуры кристалла), с минимальными затратами.

Другим важным направлением в развитии промышленных масштабов производства кристаллов сапфира является совершенствование организации высокотехнологического и наукоемкого производственного процесса.

Сегодня ученые утверждают, что от уровня развития техники и технологии выращивания кристаллов сапфира сегодня зависят успехи важнейших направлений квантовой электроники, радиоэлектроники, микрорадиоэлектроники, радиотехники, радиолокации, оптики и др. [1]. Данный факт усиливает интерес к процессу организации производства кристаллов сапфира на территории Российской Федерации не столько как возможность осуществить импортозамещение, сколько как стратегический ориентир на экспорт.

2. Рынок лейкосапфиров

Рынок искусственных сапфиров развивается пропорционально растущему спросу на продукцию, получаемую из (на основе) синтезированных сапфиров. При этом наиболее массовыми сегментами, обеспечивающими динамичный рост, являются:

- рынок подложек (применения в электронной промышленности);

- рынок стекол для часов.

Подложки из искусственных сапфиров используются для производства светодиодов (LED — light-emitting diode — светоизлучающий диод) и чипов (SoS — Silicon on Sapphire). Основная сфера применения чипов SoS — это радиопередатчики в устройствах для мобильной связи (RF-устройства).

В связи с тем, что основными рынками сбыта сапфировых пластин являются производители светодиодов и микросхем SoS, динамика рынка сапфиров жестко привязана к динамике рынков соответственно светодиодов и содержащих их устройств. Следовательно, структура и динамика рынка подложек в настоящее время определяется в целом структурой и динамикой рынка светодиодов.

Появление новых сфер применения светодиодов (сапфировые подложки используются для светодиодов высокой яркости белого и синего цветов) являются основным фактором роста мирового рынка сапфира для электроники. В ближайшие годы прогнозируется расширение сфер применения светодиодов, которые смогут стремительно вытеснить источники света другого типа. Такие преимущества светодиодов, как значительное увеличение силы их света при снижении тока, улучшение угловых и спектральных характеристик, большой срок службы, малые размеры и вес, расширяют сферы применения светодиодного освещения как промышленного, так и бытового назначения. Расширению рынка светодиодов способствуют программы помощи разработке и внедрению светодиодных источников света, принятые правительством Японии и США. В Азиатском регионе переход к LED-освещению носит массовый характер. Например, в Китае переход к LED-технологиям включен в государственную программу-пятилетку, производителей поддерживают на протяжении всей технологической цепочки, запрещается производство и импорт обычных ламп. В Российской Федерации переход на светодиодные приборы стимулируют:

- программа Правительства Москвы по переходу на светодиодные светофоры в рамках внедрения современных технологий автоматизированного управления дорожным движением в городе [2];

- программа внедрения светодиодной техники в ОАО «РЖД», предусматривающая оснащение подвижных составов светодиодными системами сигнализации и светодиодными источниками освещения. В рамках программы также предполагается внедрить на железных дорогах светофоры нового поколения со светооптическими системами [3];
- Постановление Правительства Российской Федерации от 28 августа 2015 г. «О внесении изменений в пункт 7 Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» [4].

По данным Strategies Unlimited, фактическая динамика мирового рынка светодиодов за 13 лет зафиксировала рост с \$1,22 млрд в 2000 г. до \$14,39 млрд в 2013 г., т. е. в 11,8 раз [5]. В целом, экспертами прогнозируется растущий спрос на рынке светодиодов в ближайшие годы. По оценкам LEDinside рынок светодиодного освещения в 2016 г. вырастет на 6 п. п. (с 31% в 2015 г. до 36% в 2016 г.) [6]. Согласно прогнозу специалистов компании McKinsey мировой рынок общего освещения будет интенсивно расти и к 2020 г. достигнет 83 млрд евро [7]. На рис. 2 и 3 демонстрируется прогнозная динамика рынка светодиодных ламп и светодиодных светильников в 2012-2020 гг., соответственно.

Основными тенденциями рынка светодиодной продукции эксперты называют [5-7]:

- увеличение вероятности ускорения роста LED-рынка за счет падения цен на компоненты LED;
- снижение цен на компоненты производства LED и лампы индивидуального освещения для бытовых нужд (для населения);
- ориентацию на развитие инновационных технологий в полупроводниковой промышленности;
- появление второго после основного освещения драйвера роста — популяризация LED в автомобильном освещении;
- банкротства производителей LED вследствие ослабления политики правительства Китайской Народной Республики в вопросах поддержки и субсидирования LED-промышленности;

Сапфировые стекла применяются в часах, цена которых начинается приблизительно с \$200, преимущественно механических. Поэтому объем и динамика рынка часовых стекол целиком определяется объемом и динамикой рынка наручных часов соответствующего ценового диапазона.

Основной объем мирового производства всех наручных часов (около 80%) обеспечивают заводы Китая (включая Гонконг). Большая часть часов класса люкс и премиум производится в Швейцарии и отправляется на экспорт. Информация по объему экспорта швейцарских часов в денежном выражении (рис. 4) является фактически индикатором динамики мирового спроса на дорогие часы.

Мировой объем рынка наручных часов увеличился в конце 2009 г. после спада производства во время мирового кризиса и в настоящее время продолжает расти. Особенно заметен рост экспорта механических часов из Швейцарии, начиная с 2011 г., когда он вырос на 14% и составил 29,8 млн шт. Однако, в 2015 г. экспорт моделей часов, оптовая цена которых не превышает \$200, снизился на 13%, экспорт более дорогих моделей часов, находящихся в диапазоне от \$200 до \$500, — на 24%. Эксперты связывают данное падение с появлением на рынке смарт-часов Apple Watch [10]. Тем не менее, для рынка изделий из синтезированного сапфира данный факт рассматривается как драйвер роста (смартфоны, планшеты, часы I-watch). На рис. 5 представлен сценарий развития на 2015-2020 гг. на рынке сапфировых изделий с учетом вывода на рынок компанией Apple смарт-часов с сапфировым стеклом [8]. Как видно, к 2020 гг. смарт-часы (не только компании Apple) будут одними из основных потребителей синтетического сапфира.

Таким образом, несмотря на определенную стабилизацию цен на искусственные сапфиры для светоизлучающих диодов, в настоящее время на них сохраняется устойчивый спрос. Ожидается, что передовые светодиодные технологии, которые появляются на рынке, ускорят процесс разработки во всей производственной цепочке, и, в частности, в светодиодном освещении. Прогнозируется значительное расширение рынка светодиодов за счет широкого применения светодиодного освещения промышленного и бытового назначения, что в свою очередь повлечет увеличение спроса на сапфировые подложки.

При этом цены на сапфировые подложки в пересчете на единицу площади подложки или на килограмм веса падают, и эта тенденция, по прогнозам, продолжится. Такая динамика цен типична для рынков высокотехнологичной продукции. Плавное снижение цен может смениться ростом только в случае опережающего роста производственных мощностей, роста потребности в сапфировых подложках.

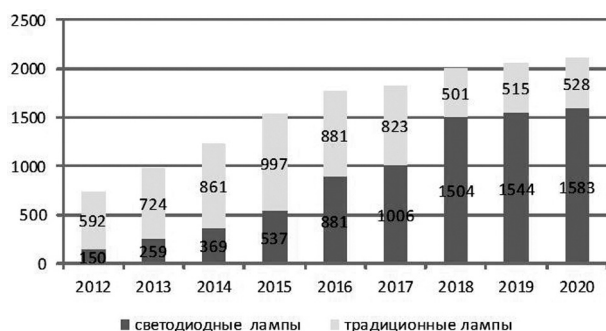


Рис. 2. Динамика рынка светодиодных ламп за период 2012-2020 гг., \$ млн [8]

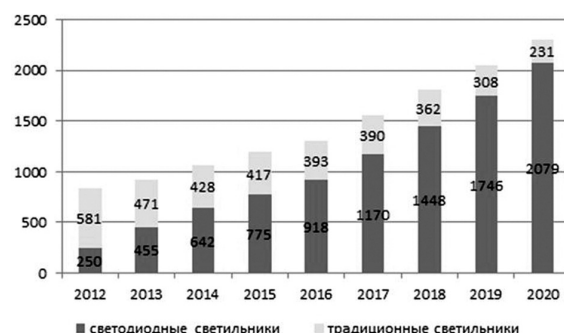


Рис. 3. Динамика рынка светильников за период 2012-2020 гг., \$ млн [8]



Рис. 4. Экспорт швейцарских часов, млрд швейцарских франков [9]

Однако вероятность возникновения дефицита на данном рынке крайне низка. В настоящее время производственные мощности быстро растут, открываются новые предприятия в разных странах (в основном, Азиатского региона, в частности Китая), существующие предприятия наращивают мощности. Рынок находится в состоянии бурного роста количества компаний, присутствующих на нем, и суммарной производственной мощности.

3. Участники рынка лейкосапфиров

Основным мировым потребителем сапфировых пластин для SoS является компания Peregrine. Ее



Рис. 5. Сценарий развития рынка изделий из синтетического сапфира с учетом смарт-часов до 2020 г. [8]

штаб-квартира расположена в США, а заводы – в Южной Корее (MagnaChip) и Японии (OKI/Rohm).

Основной объем производства сапфировых подложек в 2014 г. приходился на азиатские страны. Однако в качестве наиболее крупных игроков на рынке сапфировых подложек можно выделить: ОАО «Монокристалл» (Российская Федерация) и «Rubicon Technology» (США). В настоящее время ОАО «Монокристалл» специализируется на выращивании сапфиров и занимает около 27% рынка сапфировых изделий. Основной объем поставок готовых подложек и заготовок для них из США обеспечивает компания «Rubicon Technology» (9% рынка сапфира для электроники и 40,5% рынка заготовок для подложек). Тем не

Таблица 1

Сравнительный анализ производителей лейкосапфиров

Факторы конкурентоспособности	Вес фактора	Конкуренты																	
		ОАО «Монокристалл» (РФ)	Оценка	Оценка * вес	Pro-crystal (Тайвань)	Оценка	Оценка * вес	Harbin Aurora Optoelectronics Technology Co., Ltd. (KHP)	Оценка	Оценка * вес	Sapphire Technology Co., Ltd. (Ю. Корея)	Оценка	Оценка * вес	Rubicon Technology, Inc. (США)	Оценка	Оценка * вес	ООО «Кама Кристалл Технолджи» (РФ)	Оценка	Оценка * вес
Официальный сайт		http://www.monocrystal.com/			–			http://www.aurora-sapphire.cn			–			http://rubicontechnology.com			http://kama-crystal.com		
Объем производства продукции, million mm TIE per month [2]	5	3,30	5	25	0,70	2	10	5,00	6	30	1,50	4	20	1,08	3	15	0,15	1	5
Диверсификация	2	Выращивание	1	2	Выращивание и переработка	2	4	Выращивание	1	2	Выращивание и переработка	2	4	Выращивание и переработка	2	4	Выращивание	1	2
Ориентация на рынок	1	Экспорт (Тихоокеанский регион)	1	1	Внутри страны	0,5	0,5	Внутри страны	0,5	0,5	Внутри страны	0,5	0,5	Внутри страны	0,5	0,5	Экспорт (Тихоокеанский регион)	1	1
Стоимость энергоресурсов, \$/кВт/ч	3	0,06	6	15	0,17	2	6	0,16	3	9	0,16	3	9	0,08	5	15	0,06	6	18
Суммарная взвешенная оценка		–		43	–		20,5	–		41,5	–		33,5	–		34,5	–		26
Оценка конкурента	–	Наилучшие условия			–			–			–			–			–		

менее, российский рынок лейкосапфиров представлен и быстрорастущей компанией ООО «Кама Кристал Технолоджи», наращивающей производственные мощности в настоящее время [11].

В табл. 1 представлен сравнительный анализ основных производителей лейкосапфиров в мире: ОАО «Монокристалл» и ООО «Кама Кристал Технолоджи» (Российская Федерация), «Rubicon Technology» (США), Harbin Aurora Optoelectronics Technology Co., Ltd. (Китайская Народная Республика), Sapphire Technology Co., Ltd. (Южная Корея) и Procrystal (Тайвань). Оценка производилась по следующим факторам: объем производства продукции (производственные мощности компании), диверсификация производства, ориентация на рынок и стоимость энергоресурсов. При этом фактором, имеющим максимальное влияние на покрытие рынка, является наличие у производителя производственных мощностей, позволяющих выпускать больший объем продукции с ориентацией на прогнозируемый спрос. Ему присвоено максимальное значение — 5. Учитывая энергоемкость производства синтетических сапфиров, такому фактору как «стоимость энергоресурсов», присвоено значение — 3.

Таким образом, флагманами рынка производства монокристаллов являются российская компания ОАО «Монокристалл» и китайская - Harbin Aurora Optoelectronics Technology Co., Ltd. При этом:

- ОАО «Монокристалл» планирует увеличить производственные мощности более чем на 20% и занять 30% мирового рынка искусственного сапфира для промышленного применения [12].
- ОАО «Кама Кристал Технолоджи» по итогам реализации проекта по расширению производственной площадки планирует улучшить свое положение на рынке на 30% [11].

Данные мероприятия позволят российским производителям завоевать быстро растущий рынок в двух основных его сегментах — сапфиры для светодиодов и мобильной электроники.

Выводы

Таким образом, в настоящее время синтезированный сапфир — это конкурентный на мировом рынке востребованный наукоемкий товар. Рынок изделий из синтетического сапфира находится в состоянии бурного роста. На изделия из синтетического сапфира сформирован устойчивый спрос в странах с высоким уровнем развития электроники. В первую очередь, это азиатские страны (Тайвань, Китайская Народная Республика, Южная Корея, Сингапур, Малайзия). История экономического развития зарубежных стран подтверждает, что импортозамещение для внутреннего рынка дает временный и незначительный эффект, а максимальный эффект достигается в отраслях с большим объемом внутреннего рынка. Согласно сценариям развития рынка до 2020 г. большим объемом внутреннего рынка будут обладать азиатские страны. Данным фактом объясняется ориентация продукция российских производителей искусственных сапфиров ОАО «Монокристалл» и ООО «Кама Кристал Технолоджи» на экспорт.

В целом, учитывая долю уже завоеванного сегмента рынка изделий из синтетического сапфира, а также потенциальную долю, которую возможно будет завоевать в ближайшем будущем вследствие наращивания производственных мощностей ОАО «Монокристалл» и ООО «Кама Кристал Технолоджи», Россия может стать лидером на данном рынке. Завоевание доли рынка может явиться катализатором развития импортозамещения сырья для синтеза сапфиров (оксида алюминия) на российском рынке и наращиванию экспорта в смежной (химической) отрасли.

Список использованных источников

1. М. И. Мусатов. Создание в Государственном оптическом институте им. С. И. Вавилова метода выращивания крупногабаритных кристаллов оптического лейкосапфира // Оптический журнал. Т. 76. № 2. 2009. С. 67-70.
2. О внедрении современных технологий автоматизированного управления дорожным движением в городе Москве. Постановление Правительства Москвы № 860-ПП от 31.10.2006 г. Информационно-правовое обеспечение «Гарант». <http://www.garant.ru/hotlaw/moscow/148279>.
3. О вводе в действие «Регламента разработки и реализации комплексных планов внедрения светодиодной техники в хозяйствах ОАО «РЖД». Распоряжение ОАО «РЖД» № 1855р от 01.09.2010 г. <http://scbist.com/scb/uploaded/docs/2010/sentyabr-2010/6089-rasporuyazhenie-oao-rzhd-ot-01-09-2010-n-1855r.htm>.
4. О внесении изменений в п. 7 Правил установления требований энергетической эффективности товаров, работ, услуг при осуществлении закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд. Постановление Правительства Российской Федерации № 898 от 28 августа 2015 г. Информационно-правовое обеспечение «Гарант». <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=185398>.
5. Strategies Unlimited, 2013. <http://www.electroiq.com/articles/sst/2014/02/worldwide-led-component-market-grows-9-percent-with-lighting-html>.
6. LEDinside: LED Lighting Market to Reach US \$30,5 Billion in 2016 and Professional Lighting Markets to See Explosive Growth, 2015. <http://www.ledinside.com/node/view/24054>.
7. McKinsey «Lighting the way: Perspectives on the global lighting markets», 2012. <http://www.mckinsey.com>.
8. Анализ мирового рынка светодиодной светотехнической продукции. <http://nprpss.ru/publikacii/publikacii.html>.
9. 6 фактов о швейцарских часах. <https://insider.pro/ru/article/3307>.
10. Electronicastconsultants. <http://www.electronicastconsultants.com>.
11. «Внешэкономбанк» выделит 4,5 млрд руб. на проект завода сапфирового стекла в Набережных Челнах. <http://nabchelnny.ru/news/11417>.
12. Российский «Монокристалл» признан крупнейшим в мире производителем искусственных сапфиров. <http://www.rusnano.com/about/press-centre/20150818-monokristall-priznan-kрупнейшим-v-mire-proizvoditelem-iskusstvennykh-sapfirov>.

The market for synthetic single crystals (sapphire): realities and prospects

E. A. Rybkina, PhD, Associate Professor, Department of Management, Kazan State Power Engineering University (KSPEU).

The paper dwells on the knowledge-intensive and export-oriented production of such an innovative material as an artificial (synthetic) sapphire, which is realized on a rapidly growing market. The article considers the physico-chemical properties of synthetic sapphire, the main methods of cultivation and applications to form holistic view of the material and technology of its synthesis. Here is seen the global market for sapphire products by segment: market of wafers (use in electronic industries) and the market Windows for hours in retrospect and in prospect. The main representatives of the market for synthetic single crystals from Russian Federation, the United States of America, South Korea and People's Republic of China are analyzed. The actual amount won by the Russian manufacturers of synthetic sapphire market is revealed. The place of Russian producers at the international market of synthetic sapphires is forecasted in the near future, i. e., potential volume of export of domestic products.

Keywords: artificial (synthetic) sapphire, leucosapphire, innovation, market size, import substitution.