

**В. И. Абрашкин, Ю. Н. Горелов, Л. В. Курганская, А. В. Щербак** (Самара, ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», ИПУСС РАН, СГАУ).  
**Об экспериментальных исследованиях влияния факторов космического пространства на тонкопленочные структуры карбида кремния.**

Развитие современного аэрокосмического приборостроения связано с технологиями создания элементной базы, которая обеспечивает стабильное функционирование бортовых систем космического аппарата (КА) в течение длительного полета (до 5–15 лет), в том числе в условиях открытого космического пространства. По существующим оценкам [1, с. 519–557] более половины отказов и сбоев в работе бортового оборудования КА связано с влиянием факторов космического пространства (ФКП) и инициируемых ими физико-химических процессов в микроэлектронных устройствах, что, в свою очередь, приводит к снижению эксплуатационных характеристик бортового оборудования и систем КА. Характер таких процессов во многом зависит от свойств используемых полупроводниковых материалов, из которых в современном аэрокосмическом приборостроении широко применяются арсенид галлия (*GaAs*) и кремний (*Si*). Однако они имеют ряд недостатков, и в связи с этим в настоящее время идет поиск полупроводниковых материалов нового поколения, среди которых уникальными физическими и электронными свойствами выделяется карбид кремния. Соответствующие характеристики политипов *SiC* в сравнении с традиционными материалами микроэлектроники приведены в таблице [2].

Наименование параметра материала	4H-SiC	6H-SiC	GaAs	Si
Ширина запрещенной энергетической зоны, эВ	3,26	3,03	1,43	1,12
Критическая напряженность электрического поля, мВ/см	2,2	2,4	0,3	0,25
Теплопроводность, Вт/см К	3,0–3,8	3,0–3,8	0,5	1,5
Скорость объемного заряда электронов, см/с $10^7$	2,0	2,0	1,0	1,0

Отсюда видно, что наиболее важные для микроэлектроники параметры политипов *SiC* существенно выше соответствующих параметров кремния и арсенида галлия. Поэтому применение *SiC* открывает новые перспективы создания на его основе современной микроэлементной базы для ракетно-космической техники, в том числе для создания датчиков физических величин с более высокими эксплуатационными характеристиками и функциональными возможностями. Применение *SiC* также связано с разработкой и внедрением тонкопленочных технологий, имеющих ряд существенных преимуществ перед технологиями на монокристаллах, одной из которых является планарность. Это важно для решения проблем миниатюризации аэрокосмических приборах, способных стабильно функционировать в экстремальных режимах с учетом ФКП. Как известно [3, 4], применение полупроводниковых пленок в микроэлектронных устройствах способствует повышению пространственного разрешения, чувствительности и точности измерений аэрокосмических приборов.

Однако широкое применение карбида кремния в аэрокосмическом приборостроении сдерживается недостаточным уровнем развития технологии получения пленочных структур, невысокой воспроизводимостью их свойств, а также неизученностью влияния на них ФКП. Решение указанных проблем требует проведения комплексных исследований с целью изучения влияния ФКП на физико-механические характеристики и физико-химические свойства карбидокремниевых структур в условиях космического полета. В связи с этим в настоящее время ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс» совместно с ГНЦ РФ ИМБП РАН, Самарским государственным университетом и Институтом проблем управления сложными системами РАН для проведения на борту КА БИОН-М (запуск планируется в мае 2012 года) разработан эксперимент «КАРБОН», целью которого является изучение воздействия ФКП (глубокий вакуум, ионизирующие космические излучения, солнечное ультрафиолетовое излучение, термоциклирование, атомарный кислород и т. п.) на стойкость карбидокремниевых

структур ( $SiC/Si$ ,  $SiC/Al_2O_3$ ) и чувствительных элементов бортовых датчиков КА на их основе при экспонировании экспериментальных образцов в условиях открытого космического пространства. Эксперимент «КАРБОН» также включает проведение послеполетных исследований экспонированных образцов, связанных с изучением стабильности физико-механических и физико-химических свойств, химического состава поверхностного слоя и его микроструктуры, деградации поверхности и массы, а также степени радиационной устойчивости возвращаемых с орбиты образцов.

По результатам эксперимента будут разработаны технологические основы получения пленок карбида кремния на изолирующих подложках с учетом прогнозирования их поведения в условиях космического полета, что откроет новые возможности в области экстремальной микроэлектроники для аэрокосмического приборостроения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Модель космоса: Научно-информационное издание./ Под ред. М. И. Панасюка, Л. С. Новикова. Т. 2: Воздействие космической среды на материалы и оборудование космических аппаратов. М.: КДУ, 2007, 1144 с.
2. Курганская Л. В., Щербак А. В. Измерители СВЧ-мощности на основе пленок  $SiC$ . Самара: СамГУ, 2008, 18 с. Деп. в ВИНТИ РАН 11.08.2008, № 693-В2008.
3. Теоретические основы моделирования процессов зондирования для оптико-электронных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Научно-технический отчет о НИР./ ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс». Шифр темы 2010-1.1-411-108-010, № ГР 01201065836. Инв. № 353П-000-37752-1408. Самара: 2010, 223 с.
4. Курганская Л. В., Щербак А. В. Получение тонких пленок карбида кремния на изоляторе методом магнетронного распыления. — Тезисы докладов 6-й национальной конференции по применению рентгеновского синхротронного излучения нейтронов и электронов. М.: Ин-т кристаллографии РАН, 2007, с. 297.