

УДК 548.55, 548.57, 629.7.069

Особенности производства полупроводниковых материалов в условиях орбитального полета

Чуркин Дмитрий Евгеньевич^(*)

D.Churkin@russian.space

Бурмистров Андрей Евгеньевич

A.Burmistrov@russian.space

Кириянов Андрей Игоревич

A.Kiryanov@russian.space

Филиал АО «ЦЭНКИ» — НИИ СК, Москва, Россия

Аннотация. В статье описаны особенности производства полупроводниковых материалов в условиях орбитального полета, назначение, преимущества и результаты космических экспериментов по выращиванию монокристаллов теллурида цинка-кадмия в российском сегменте Международной Космической Станции (МКС). Приведены сложности технологического процесса производства большого диаметра (не менее 75 мм), особенности и проблемы, возникающие при масштабировании диаметра монокристалла и обоснован рассматриваемый вариант

Ключевые слова: рост кристаллов, теллурид цинка-кадмия, монокристалл, космическое материаловедение, орбитальная станция, космический эксперимент

Введение. Условия полета в космосе дают уникальную возможность проводить космические эксперименты по выращиванию полупроводниковых материалов. Этот вариант отработки выращивания монокристаллов применяется в случаях невозможности создания гравитационно-чувствительных материалов необходимого качества в условиях Земли, либо их выход недостаточен [1].

Одним из таких материалов является монокристалл теллурида цинка-кадмия (CdZnTe, КЦТ). Этот перспективный материал применяется в создании инфракрасной (ИК)-оптике и датчиков ионизирующего излучения, которые находят широкое применение в различных областях народного хозяйства [2].

Материалы и методы; результаты. Не смотря на представляющиеся условия, кристаллы на орбите не получаются идеальными — остаточные микроускорения оказывают значительное воздействие на процесс роста кристалла. Решением такой проблемы стало Вращающееся Магнитное Поле (ВМП) — внутри научной установки, которое улучшает радиальную и осевую однородность свойств кристаллов. Проведенные расчеты показали, что имеется оптимальное значение индукции магнитного поля, при котором достигается наилучшая поперечная однородность состава кристаллов.

В настоящее время проводятся космические эксперименты по созданию КЦТ до 32 мм на МКС в российском сегменте на разработанной в НИИ СК научной аппаратуре (НА) МЭП-01 методом движущегося нагревателя.

Повышение разрешающей способности ИК датчиков возможно несколькими путями: повышение размера принимающей поверхности и уменьшение

размера ячеек. Уменьшение размера ячеек ухудшает физические свойства, в то время как повышение размера не сопутствует ухудшению.

Таким образом, для получения приборов высокого разрешения требуются кристаллы диаметров не менее 75 мм и технологический процесс получения кристаллов КЦТ такого диаметра связан с некоторыми сложностями. В числе таковых стоит выделить экспоненциальный рост энергопотребления по мере увеличения диаметра, что накладывает существенные, но решаемые сложности в условиях орбитальной станции.

Еще одним фактором, осложняющим технологический процесс, является повышение радиальной скорости при перемешивании расплава магнитным полем по мере увеличения диаметра кристалла.

Не менее важно учитывать искривления фронта кристаллизации. Расчеты показали искривление фронта кристаллизации по мере увеличения диаметра при неизменной длине образца. Для уменьшения искривления необходимо увеличивать длину образца, что в свою очередь приводит к повышению массогабаритных характеристик научной аппаратуры, повышению требований, предъявляемым к внутренним механическим узлам установки и увеличению времени сеанса.

Заключение. Космические эксперименты имеют большой потенциал развития и широкую вариативность экспериментов для изучения процессов роста кристаллов, нахождения оптимального техпроцесса и создания эталонного образца для ориентирования наземного производства.

Список источников

- [1] Senchenkov A.S., Egorov A.V., Barmin I.V. Dynamic situation on board the ISS and problem of crystal growth. *52th Int. Astronautical Congress*, Toulouse, France, 2001, Preprint IAA-01-IAA.12.1.06/.
- [2] Striations in (Cd, Zn)Te Crystals Grown by Traveling Heater Method. *Crystals*, 2021, vol. 11 (6), art. no. 649. <https://doi.org/10.3390/cryst11060649>