

Сведения о выполненных работах  
в период с 27.07.2021 г. по 30.06.2022 г.

по проекту «**Физико-технологические основы синтеза бездефектного  
силицена и германена методом молекулярно-лучевой эпитаксии**»,  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 21-72-10031

Руководитель: Лозовой Кирилл Александрович, канд. физ.-мат. наук

В результате выполнения работ по проекту в отчетном периоде была построена физико-математическая модель эпитаксиального роста двумерных кристаллов силицена и германена на металлических подложках. Проведено предварительное сравнение результатов численного моделирования и экспериментальных данных для реальных материальных систем.

Была осуществлена модернизация установки для молекулярно-лучевой эпитаксии «Катунь-100». Была усовершенствована процедура подготовки пластин для осаждения наноструктур с помощью имеющегося в распоряжении комплекса оборудования для предэпитаксиальной очистки подложек.

На первом этапе работы были проведены ростовые эксперименты по синтезу материала с двумерными слоями кремния и германия на подложках Si (100), Si (111) и Al (111). Были отработаны все технологические процессы синтеза гетероструктур с двумерными слоями кремния и германия с помощью сверхвысоковакуумной системы для выращивания тонких эпитаксиальных пленок «Катунь-100».

В отчетный период был проведен анализ сверхструктурных переходов при эпитаксиальном росте двумерных слоев и формировании квантовых точек по механизму Странского – Крастанова в упруго-напряженных системах методом дифракции быстрых электронов. Получены детальные зависимости параметра периодичности  $N$  реконструкции типа  $2 \times N$  от эффективной толщины осажденного материала в широком интервале ростовых температур при эпитаксии германия на поверхность кремния с кристаллографической ориентацией (001). Впервые исследованы сверхструктурные переходы и смена величины параметра  $N$  при низких температурах эпитаксии в этой системе. Показано, что длина димерных рядов в такой реконструкции при росте чистого германия на кремнии может достигать величины не менее  $N = 11$ . Найдена связь между величиной параметра  $N$ , определяемого упругими напряжениями в системе, и величиной критической толщины перехода от двумерного к трехмерному росту. На основании этой связи предложен физический механизм, объясняющий характер температурной зависимости критической толщины перехода по Странскому – Крастанову, который до сих пор являлся предметом постоянных научных споров.

Результаты проведенных исследований проливают свет на проблему температурной зависимости критической толщины перехода от двумерного к трехмерному росту по механизму Странского – Крастанова.

Полученные результаты могут быть использованы для уточнения существующих моделей роста наноструктур и объяснения противоречивых явлений при росте двумерных материалов и квантовых точек, а также внесут вклад в более глубокое понимание процессов, происходящих при эпитаксиальном формировании двумерных материалов и квантово-размерных островков.

Были осуществлены две поездки в город Новосибирск для выступления на Российской конференции и школе молодых ученых по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники (4–8 октября 2021 г., г. Новосибирск) и обсуждения полученных результатов.

Полученные результаты также представлялись на Международной конференции Nanotechnology and nanomaterials (25–27 августа 2021 г., г. Львов, Украина), на 9-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы радиофизики» (20–22 октября 2021 г., г. Томск) и на XXVI Международном симпозиуме «Нанопизика и наноэлектроника» (14–17 марта 2022 г., г. Нижний Новгород).

По результатам работы подготовлен доклад, который будет представлен на 26-й Международной научно-технической конференции по фотоэлектронике и приборам ночного видения в городе Москве, организованной Государственным научным центром Российской Федерации АО «НПО «ОРИОН».

По результатам проделанной работы в отчетном периоде опубликованы 2 статьи в зарубежных рецензируемых журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus.