

Новые аллотропные формы углерода в лазерном эксперименте - от карбина до поверхностных и объемных конфигураций разной топологии

Хорьков К.С.¹, Абрамов Д.В.¹, Бухаров Д.Н.¹, Кучерик А.О.¹, Аракелян С.М.¹

khorkov@vlsu.ru

¹ ВлГУ, Владимир, Россия

Разработаны технологии получения различных аллотропных форм углерода в лазерном эксперименте. Наблюдалось фазовое состояние жидкого 1D-углерода (карбина) и объектов разных размерностей и конфигураций с линейными, циклическими и фрактальными структурами в нано-микромасштабе со смешанными sp-модификациями, включая алмазоподобные 3D-объекты. Это достигалось в экстремальных условиях в локальных областях лазерного воздействия с разными пространственно-временными и мощностными параметрами на углеродосодержащие мишени. В этих условиях происходят неравновесные фазовые переходы с термическими и диффузионными процессами в определенных режимах и схемах лазерного эксперимента. Подобные разные схемы лазерной абляции являются универсальными, относительно простыми и недорогими; они позволяют управлять функциональными характеристиками индуцируемых нанокластерных структур как на твердотельной 2D-поверхности так и в 3D-микро-нанообъемах. Это дает широкие возможности в прикладном аспекте использования углеродных наноматериалов с управляемыми их свойствами в заданном направлении на новых физических принципах.

В наших экспериментах формирование топологических нанокластеров в многослойных тонких пленках на поверхности твердого тела осуществлялось в 2 этапа: при импульсной лазерной абляции углеродосодержащего материала в разных жидкостях с получением коллоидной системы, и дальнейшем осаждении из коллоида наноструктур на поверхность образца при сканировании по определенной стратегии пучка непрерывного лазера. При этом приведены результаты моделирования синтеза фрактальных структур в рамках подхода по модели DLA (Diffusion-Limited Aggregation) с выделенным направлением преимущественного роста и с возможностью конгломерации таких объектов в ансамбли разной конфигурации и размерности. В других схемах эксперимента получены 2D-графеновые структуры (ленты и пластины графена, скомканный графен) при воздействии на углеродную мишень в жидком азоте фемтосекундного лазерного излучения. Показано, что полученные графеновые материалы представляют собой многослойный графен с толщиной листов до 14 нм. Разработанная технология не уступает традиционным методам микромеханического или жидкофазного расслоения и намного превосходит их по скорости получения графена. Кроме того, нами получены алмазоподобные 3D-микрорекристаллы различной формы с размерами 1-10 мкм и проведен теоретический анализ нестационарных процессов, приводящих к их росту в данной схеме эксперимента. Обсуждается возможность получения стабильных графеново-алмазных структур со смешанными формами с помощью этих относительно простых лазерных методов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (тема FZUN-2023-003).

Ссылки

Гарнов С.В., Абрамов Д.В., Бухаров Д.Н., Худайбергенов Т.А., Хорьков К.С., Осипов А.В., Жирнова С.В., Кучерик А.О., Аракелян С.М. УФН (2024), 194,115.