

Визуализация взаимодействия лазерного излучения с поверхностью углеродосодержащих материалов

Жаренова С.В., Шаманская Е.Л., Владимирский государственный университет

В последнее время интерес к углеродным материалам повысился в связи с перспективами использования в нанотехнологиях. Расширение технологических возможностей углеродосодержащих материалов связано с таким процессом как плавление, но вопрос о возможности существования плавления при воздействии лазерного излучения на графит обсуждался достаточно долго и противоречиво. За период почти столетних исследований проведено значительное число независимых экспериментов, результаты которых свидетельствуют о плавлении углерода при давлениях порядка 1 бар и температурах около 3800 К. Общим методическим недостатком практически всех названных исследований, позволяющим усомниться в достоверности их результатов, является отсутствие регистрации процесса плавления в реальном масштабе времени. Цель данной работы заключалась в непосредственной регистрации плавления углерода, нагреваемого сфокусированным лазерным излучением при давлении порядка 1 бар, в реальном масштабе времени и в дальнейшем исследовании структуры переплавленного таким образом графита. В предлагаемой работе для визуализации и диагностики процессов, происходящих на поверхности графита в зоне воздействия лазерного излучения, была выбрана и использована следующая методика проведения эксперимента. Образцы (стеклоуглерод, пироуглерод) нагревались сфокусированным лучом импульсно-переодического ИАГ-Nd-лазера. Длина волны излучения 1,06 мкм, частота повторения импульсов 150 Гц, длительность 2 мс. Средняя мощность излучения изменялась в диапазоне 15÷80 Вт. Усилитель яркости на парах меди CVL-10 позволял получить оптические изображения области лазерного воздействия до 16000 изображений в секунду с экспозицией до 20 нс. Для регистрации изображений использовалась цифровая видеокамера с частотой регистрации оптических изображений 500 кадров в секунду. После воздействия поверхность материала изучалась как с помощью обычных оптических микроскопов, так и с помощью атомно-силового микроскопа (зондовый сканирующий микроскоп Smena-B). Было установлено, что нагрев поверхности стеклоуглерода приводит к её деформации, в результате которой формируется чётко выраженное светлое кольцо по границе каверны. Скорость перемещения этого кольца изменялась от 290 мкм/с до 870 мкм/с при увеличении мощности от 38 Вт до 50 Вт соответственно. При длительном воздействии (более 1с) явным образом регистрируется распространение области термического воздействия (области уменьшения отражательной способности). Скорость распространения области термического влияния изменялась от 182 мкм/с при мощности 44 Вт до 451 мкм/с при мощности 50 Вт. После окончания

воздействия лазерного излучения на поверхность стеклоглерода был проведён анализ зоны взаимодействия с помощью оптического микроскопа. Были определены линейные размеры каверн и области термического воздействия. Глубина каверны при увеличении мощности в пределах от 38 Вт до 50 Вт изменялась от 130 мкм до 220 мкм. Диаметр каверны порядка 1 мм. Размер области термического влияния порядка 2 мм. Что касается пироуглерода то, ни при каких режимах воздействия лазерного излучения на поверхность образца плавления не обнаружено. Как уже отмечалось, особый интерес представляет образование наноструктур при лазерном воздействии. В работе с помощью атомно-силового микроскопа восстановлен рельеф поверхности стеклоглерода после воздействия лазерного излучения (время воздействия лазерного излучения 2 с при мощности 76 Вт). Видны «нанопики» с характерными размерами десятки нм. Кроме того, в работе был проведен эксперимент по осаждению паров стеклоглерода на поверхность стеклянной подложки, с целью регистрации в реальном времени данного процесса. В эксперименте использовалась скоростная цифровая камера. Для стеклоглерода напыление происходит в виде капель, а для пироуглерода в виде мелкодисперсных частиц. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований по воздействию лазерного излучения на поверхность углеродосодержащих материалов. Зафиксировано плавление стеклоглерода под воздействием лазерного излучения. Установлен нижний порог плавления стеклоглерода по выходной мощности ИАГ-Nd-лазера. Установлено, что пироуглерод во всем используемом интервале мощностей ИАГ-Nd-лазера не плавится. Реализован метод наблюдения осаждения продуктов сублимации стекло- и пироуглерода на стеклянную подложку в реальном масштабе времени. Распределение продуктов сублимации имеет вид овала из частиц разного характера, природа которых пока не установлена и требует дальнейших исследований.