

### Программа 3.5.9. Физическая механика газового и плазменного формирования наноразмерных структур (координатор акад. А. К. Ребров)

Перспективными кандидатами для поиска лекарственных препаратов, способных составить значимую конкуренцию антибиотикам, могут быть соединения на основе серебра. В частности, использование наночастиц серебра, стабилизированных полимером, позволяет получать такие препараты. Для решения этой задачи в Институте теплофизики им. С. С. Кутателадзе создан метод получения таких частиц, исследована их структура с помощью методов высокоразрешающей диагностики наноматериалов и протестированы бактерицидные свойства новых материалов. Разработаны устройство и технология по осаждению из парового потока наночастиц серебра или другого металла размером менее 10 нм со стабилизацией полимером, например политетрафторэтиленом, осаждаемым из струи тетрафторэтилена.

Разработанный метод позволяет управлять размерами частиц металла, которые определяют свойства полученного материала. На рис. 43 представлена зависимость размеров частиц серебра от давления торможения несущего газа — аргона.

Перспектива использования получаемого материала предполагается, прежде всего, в ме-

дицинских целях, для создания антимикробных покрытий тканевых материалов, покрытия медицинских инструментов. Помимо чисто медицинского назначения новых материалов, возможно их применение в качестве профилактических средств, например, для создания бактерицидных тканей для одежды, использования для обеззараживания воды и др.

В том же Институте разработана комбинированная модель взаимодействия ультракоротких лазерных импульсов с твердыми поверхностями в присутствии фонового газа.

Известно, что фемтосекундная лазерная абляция различных материалов в условиях, типичных для ультратонкой обработки материалов и синтеза наночастиц, зависит от нали-

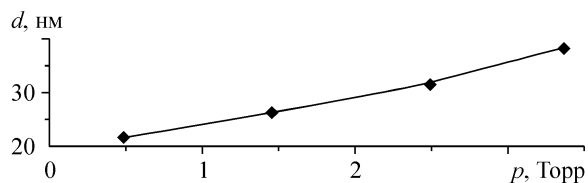
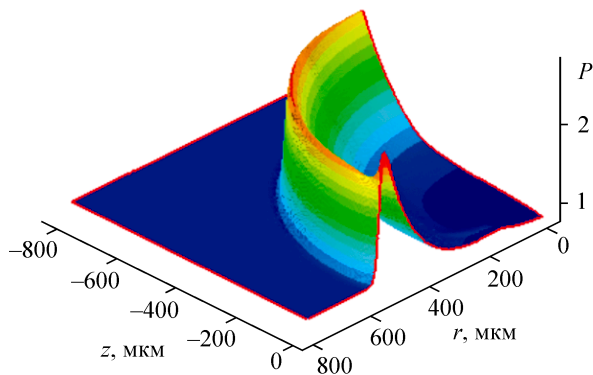
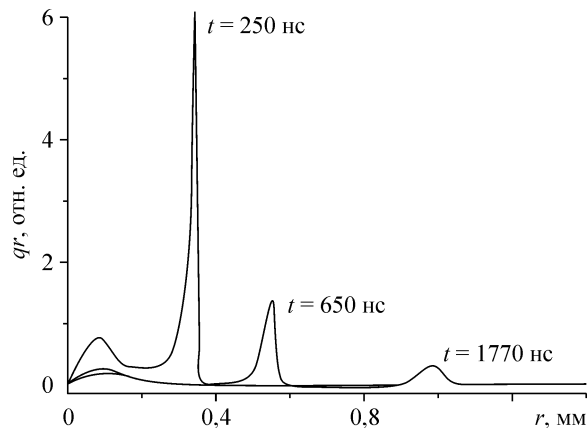


Рис. 43. Зависимость диаметра частиц серебра от давления торможения несущего газа.



**Рис. 44.** Пространственное распределение давления в аргоне при нормальных условиях над поверхностью мишени из платины на момент времени 650 нс после окончания лазерного импульса длительностью 65 фс и плотностью энергии 3 Дж/см<sup>2</sup>. Радиус пятна облучения 50 мкм.



**Рис. 45.** Радиальные зависимости потока тепла от фонового газа к платиновой мишени в различные моменты времени для условий облучения, соответствующих рис. 44.

чия и сорта фонового газа. Разработанная модель предназначена для изучения роли и динамики фонового газа и включает в себя описание пробоя газа в фокусе лазерного луча, нагрев материала мишени, эволюцию фоновой

плазмы, формирование и динамику ударных волн. Модель основана на решении кинетических уравнений ионизации и рекомбинации фонового газа, уравнения теплопроводности в облучаемом образце и уравнениях Навье—Стокса для описания лазерно-индуцированных течений в газе над облучаемой поверхностью с учетом теплообмена между плазмой и материалом мишени.

С помощью модели выполнены исследования пробоя аргона и воздуха при атмосферном давлении над металлическими мишенями (Pt, Al), теплообмена между фоновой плазмой и облучаемым образцом, формирования ударных волн и лазерно-индуцированных течений в фоновой среде. Показано, что фемтосекундные лазерные импульсы при воздействии на металлы вызывают пробой газа перед поверхностью при интенсивностях, начиная с порога абляции, вследствие эффекта интерференции падающего и отраженного излучения. Вследствие пробоя образуется полусферическая ударная волна, распространяющаяся в фоновом газе от пятна облучения (рис. 44). Основным теплообмен между фоновым газом и мишенью происходит на контакте ударной волны с поверхностью (рис. 45). В результате теплообмена мишень получает значительно больше тепла, чем обеспечивается естественной поглощательной способностью материала, что и наблюдается в экспериментах. Найдено, что в возмущенном фоновом газе формируются вихревые потоки, которые способствуют переносу испаренного материала на поверхность, ухудшая качество обработки.

Разработанная модель позволяет проводить комплексное теоретическое исследование лазерной абляции в условиях, характерных для микро- и наноструктурирования материалов, напыления пленок и синтеза наночастиц.