

УДК 535.343

*М.В. АНАНЬЕВА¹, А.А. ЗВЕКОВ², А.В. КАЛЕНСКИЙ¹, Б.П. АДУЕВ²***МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПТОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ,
ИНИЦИИРУЕМЫХ В КОМПОЗИТАХ
ПРОЗРАЧНАЯ МАТРИЦА – НАНОЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ***

Разработана и апробирована методика моделирования акустических сигналов, инициируемых лазерным импульсным излучением в композитах прозрачная матрица – наночастицы металлов с учетом процессов плавления. Методика заключается в расчете функции источников давления в зависимости от времени и координаты и ее свертки с функцией Грина одномерного волнового уравнения. Апробация проведена на практически важных композитах на основе пентаэритрит тетранитрата с наночастицами алюминия радиуса 50 нм. Плавление, характеризующееся повышением удельного объема, приводит к увеличению амплитуды максимума функции источников и появлению области отрицательных значений. Рассчитаны зависимости эффективной константы роста оптоакустического сигнала и его амплитуды от плотности энергии импульса, которые необходимо учитывать при исследовании оптических свойств наночастиц данным методом. Результаты работы важны для развития методов неразрушающего контроля и прогнозирования особенностей функционирования устройств фотоники и оптических детонаторов, содержащих наночастицы.

Ключевые слова: оптоакустическая спектроскопия, наночастицы металлов, плавление, лазерное излучение.

Введение

Оптоакустическая спектроскопия [1] является перспективным методом исследования, дополняющим классические методы спектрофотометрии. Измерение акустических сигналов при воздействии лазерного импульса на вещество позволяет исследовать оптические характеристики образцов с высокой оптической плотностью [2, 3] и высокой пористостью [4]. Развиваются методы оптоакустической спектроскопии в медицине, основанные на анализе акустических сигналов тканей организмов [5]. Перспективно использование методов оптоакустической спектроскопии при исследовании оптических свойств композитов на основе прозрачной матрицы и светопоглощающих и светорассеивающих наночастиц [6]. В экспериментальных работах [2, 7] были исследованы закономерности оптоакустических сигналов в композитах на основе пентаэритрит тетранитрата (PETN), допированного наночастицами металлов. Лазерное излучение наносекундной длительности эффективно нагревает наночастицы, вызывая появление импульса давления в поглощающем слое вещества. Отличием возникающих эффектов от рассматриваемых в классических моделях оптоакустических процессов [1] является достижение высоких температур локального нагрева [7, 8]. В этом случае нельзя пренебрегать изменением теплофизических характеристик вещества при увеличении температуры и в точках фазовых переходов. Цель работы заключается в разработке методики математического моделирования закономерностей оптоакустического отклика композитов прозрачная матрица – наночастицы металлов в условиях импульсного возбуждения с учетом изменения теплофизических свойств наночастиц и матрицы при плавлении. Апробация методики выполнена с использованием параметров композитов PETN – наночастицы алюминия. Наночастицы алюминия активно используются в устройствах нелинейной оптики [9, 10], перспективны для создания капсулей оптических детонаторов на основе PETN (штатное бризантное взрывчатое вещество) [7]. Во всех перечисленных приложениях функциональные характеристики определяются оптическими свойствами наночастиц в прозрачной матрице. В настоящей работе будет рассмотрено формирование оптоакустической волны при поглощении импульсного излучения наночастицами металла в прозрачной матрице в одномерном приближении. При импульсном облучении системы кинетическая зависимость акустического сигнала разбивается на три области: 1) «мертвое время», связанное с распространением первичной волны от области возбуждения до детектора; 2) первичная волна, отражающая распределение тепловых источников; 3) вторичные волны, свя-

* Работа выполнена в рамках научного проекта № 18-03-00421 А, фундаментальных научных исследований (ГП 14) по теме (проекту) "V.49.1.5 (регистрационный номер: АААА-А17-117041910150-2 руководитель: Адуев Б.П.) и при частичной поддержке Министерства образования и науки РФ (задание № 3.5363.2017/8.9).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>