

УДК 544.032.65

МОДЕЛИРОВАНИЕ «ЭФФЕКТА БЛИЗОСТИ» ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ НА ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ

Нгуен К.З. (Университет ИТМО), Синёв Д.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д.т.н., доцент Шахно Е.А.

(Университет ИТМО)

В работе приведено теоретическое моделирование «эффекта близости», наблюдающегося экспериментально при лазерной термохимической записи на тонких металлических пленках.

Введение. Лазерное термохимическое воздействие успешно используется для субмикронной записи фотонных устройств, в частности при записи на тонких металлических пленках с образованием оптически прозрачных оксидов, таких как титан, молибден, олово и т. д. Особенностью лазерного окисления тонких металлических пленок является отрицательная обратная связь между оптическими, теплофизическими и термохимическими процессами, в результате чего пленка в области воздействия просветляется. Это причина, по которой происходит уменьшение размера трека, записанного между двумя записанными ранее треками, расположенными близко друг к другу, что является проявлением «эффекта близости». Этот эффект был продемонстрирован нами экспериментально. Он также имеет большое значение при лазерной термохимической записи дифракционных оптических элементов на установках круговой лазерной записи, и приводит к необходимости уменьшения мощности записывающего пучка при записи первого трека для обеспечения одинаковой ширины всех треков. В силу математической сложности описания взаимосвязанных процессов при термохимической записи совокупности структур, до сих пор не было разработано теоретической модели, подтверждающей экспериментальные данные. В данной работе мы предлагаем физико-математическое моделирование для объяснения «эффекта близости». Это исследование открывает пути к управлению параметрами лазерных систем и характеристиками тонких пленок (геометрией и материалами) для термохимической записи пленочных структур с высокой точностью воспроизведения размеров.

Основная часть. В данной работе два параллельных близкорасположенных трека были последовательно записаны на тонкой пленке титана сканированием пучками непрерывного излучения с гауссовым распределением интенсивности. В результате окисления пленка в области записи треков становится прозрачной. При последующей записи третьего трека, расположенного между первыми двумя, в результате снижения общего количества поглощенной энергии (на «крыльях» гауссова распределения интенсивности в области прозрачности предварительно записанных треков) ширина записанного трека оказывается значительно меньшей ширины ранее записанных треков. При моделировании процесса было рассмотрено нагревание пленки в квазистационарном режиме при сканировании медленно движущимся источником. Поглощательная способность пленки в области сканирования (в системе координат, связанной с движущейся областью воздействия при сканировании) была принята постоянной, усредненной по области воздействия. Локальные изменения поглощательной способности тонкой пленки в результате записи двух параллельных полос учитывалось при описании записи третьей полосы, расположенной между первыми двумя, записанными ранее. При математическом моделировании были использованы методы теории теплопроводности (функции Грина и преобразование Ганкеля), описание процесса окисления проводилось в соответствии с законом окисления Вагнера.

Выводы. С помощью разработанной модели мы математически показали и подтвердили «эффект близости» термохимической записи на тонких металлических пленках. Модель может быть использована для определения параметров лазерного воздействия при

термохимической записи топологических структур на тонких металлических пленках с точным соответствием их размеров заданным значениям.

Работа поддержана грантом РФФ 17-19-01721-П