

Установлено, что излучение указанных КРЛ в допороговом режиме обладает повышенной степенью поляризации по сравнению с инжекционными лазерами других типов. Для значений тока инжекции составляющих $0,5I_{\text{п}}$ ($I_{\text{п}}$ – пороговый ток), степень поляризации излучения превышала 50%. При изменении тока инжекции от 0,2 до $0,9I_{\text{п}}$ получена перестройка длины когерентности излучения в диапазоне 1-7 мм.

Детальное исследование поведения зависимости амплитуды переменной составляющей от тока инжекции в первом корреляционном максимуме методом ОГДС в режиме с пренебрежимо малой оптической обратной связью позволяет выделить характерные участки и изломы на указанной характеристике и с учетом известных методик [2] идентифицировать характерные точки характеристики с током инверсии КРЛ. Полученные таким способом токи инверсии исследованных лазеров имели значение в диапазоне $(0,2-0,25)I_{\text{п}}$.

Полученные результаты могут использоваться при разработке лазерных измерительных систем, использующих когерентную обработку оптических сигналов, а также при интерпретации результатов экспериментальных исследований с использованием методики ОГДС, исследованиях КРЛ и других приборов квантовой электроники.

1. Коростик К. Н., Стецик В. М. // ЖПС. - 1998. - Т. 65, № 4. - С. 503-507.
2. Ву Ван Лык, Елисеев П. Г., Манько М. А. и др. // Квантовая электроника. - 1982. - Т. 9, № 9. - С. 1825-1830.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ФОТОИНДУЦИРОВАННЫХ ЯВЛЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕШЕТОК

Е. В. Ивакин, А. С. Рубанов

Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, г. Минск

Огромное разнообразие новых материалов для твердотельной квантовой электроники требует развития эффективных методов изучения их свойств. В данной работе предложен подход, основанный на применении динамических решеток в исследовании релаксационных явлений, индуцированных светом как в самой матрице, так и с участием различного рода примесей и дефектов. Динамические решетки

(ДР), запись которых основана на нелинейности показателя преломления среды, расширяют возможности традиционных методов, позволяя исследовать те процессы, которые не сопровождаются люминесценцией.

Несмотря на то, что со времени выхода первых работ данного направления [1-3] были предложены различные варианты применения ДР в материаловедении, наиболее существенное развитие получил импульсный метод с дифракционным зондированием зоны возбуждения. Это связано с тем, что непрерывное или дискретное считывание решетки дает непосредственно временную картину распада фотовозбуждения, удобную для интерпретации.

1. Описание установки

В созданной нами компьютеризированной установке [4] источником возбуждения ДР служит моноимпульсный лазер на алюмоиттриевом гранате с преобразованием гармоник, обеспечивающий возможность работы на основной частоте, а также на длинах волн 532, 355, 266 и 213 нм при частоте следования импульсов 10 Гц. При необходимости для записи ДР использовался перестраиваемый лазер на сапфире с титаном с когерентной накачкой. Во всем спектральном диапазоне обеспечивается энергия в импульсе от 1 до 3 мДж в плоскости образца, что достаточно для получения надежного сигнала. Световое пятно диаметром около 1 мм имеет форму эквидистантных полос и, следовательно, степень возбуждения образца является пространственно промодулированной. Образующаяся в нем ДР, которая за исключением редких случаев является фазовой, считывается непрерывным гелий-неоновым лазером малой мощности. Регистрирующая система соответствующего временного разрешения строит картину затухания дифракции. Разработана программа первичной обработки данных, которая содержит традиционные приемы обработки кинетических кривых. С помощью адекватной модели, описывающей процесс релаксации возбуждения, вычисляются физические параметры исследуемого образца, ответственные за наблюдаемую кинетику.

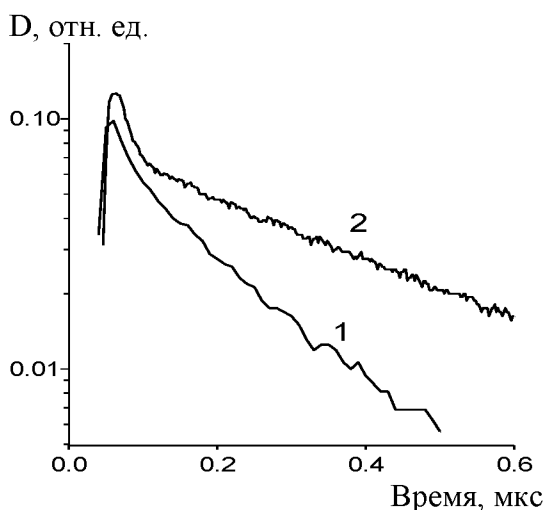
В установке применены дифракционные светоделители и конфокальная проекционная система, что позволяет ступенчато перестраивать период ДР в диапазоне от 30 до 120 мкм. Путем вращения светоделителя в его плоскости возможна перестройка вектора ДР в полном угле. Это создает удобства при исследовании анизотропных материалов.

Разработанные принципы двухапертурной регистрации сигнала дифракции [5] и интерференционного вычитания когерентного фона светорассеяния в сочетании с использованием созданных люминесцентных эталонов длительности оптического сигнала позволяют постоянно контролировать работу установки и получать надежные данные о кинетических свойствах образцов. По нашим оценкам, достигнутая погрешность измерения длительности сигнала дифракции на ДР в случае одноэкспоненциального затухания составляет не более 6-7%.

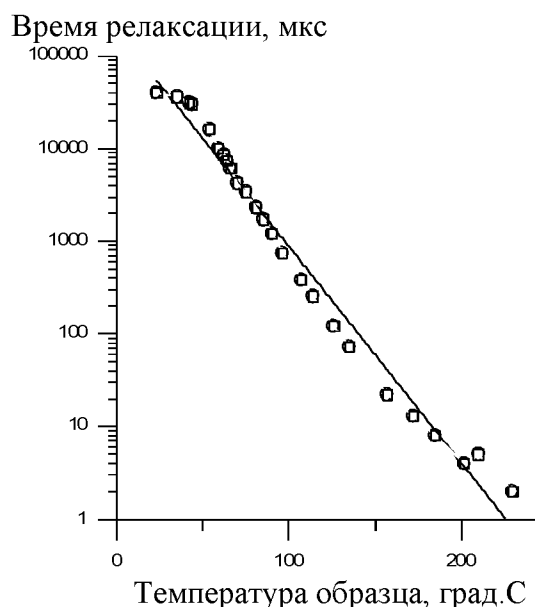
2. Светоиндуцированная дифракция в кристаллах. Эксперимент

1. *Природные и синтетические алмазы.* ДР возбуждались в алмазных пластинках толщиной 300-400 мкм излучением на длине волны 266 нм, которое частично или полностью поглощалось в образцах за счет наличия в них примесных дефектов [6]. Исследования природных алмазов Ia типа, не содержащих парамагнитного азота, показали, что все светоиндуцированные явления заканчиваются в них за время 200-500 нс (рис. 1). Причем в начале процесса наблюдается релаксация возбуждения с временем менее 10 нс, связанная с генерацией свободных носителей.

Одновременно вследствие термализации поглощенной лазерной энергии идет формирование и последующий распад тепловой решетки



Р и с. 1. Временные зависимости интенсивности дифрагированного пучка для кристаллов природного алмаза. Период ДР 104 мкм



Р и с. 2. Зависимость времени жизни “медленной” ДР от температуры образца А-12

ки. Эти кривые затухания интенсивности дифракции D использованы нами для измерения температуропроводности, которая равна $11,0 \text{ см}^2/\text{с}$ (кривая 1) и $4,7 \text{ см}^2/\text{с}$ (кривая 2) для кристаллов с малой и повышенной концентрацией дефектов соответственно.

Более сложный характер затухания дифракции наблюдается в синтетических кристаллах Ib типа, содержащих парамагнитные дефекты. В них кроме быстрой компоненты, подобной приведенной на рис. 1, наблюдается также медленная компонента с характерным временем жизни до сотен миллисекунд независимо от периода решетки. Начальная амплитуда дифракции зависит от концентрации дефектов. Такие долгоживущие решетки обусловлены не тепловым механизмом, а активацией дефектов в образцах. Тип дефекта определяет время релаксации дифракции. Дефектная природа долгоживущих ДР в алмазах убедительно подтверждается полученными температурными зависимостями постоянной затухания дифракции. Так, для образца А-12 при росте температуры от комнатной до 250°С последняя уменьшается почти на 5 порядков (см. рис. 2).

2. ДР в кристалле $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2$. В данном разделе сообщается о первых результатах исследования свойств ДР, записываемых в пластинках из калий-гадолиниевого вольфрамата, активированного неодимом. Такой кристалл вызывает интерес в мире своими высокими генерационными свойствами [7]. Как кристалл моноклинной сингонии, он обладает существенной анизотропией механических, тепловых и оптических свойств, исследование которых актуально с точки зрения возможности создания высокоэффективных активных элементов для лазеров.

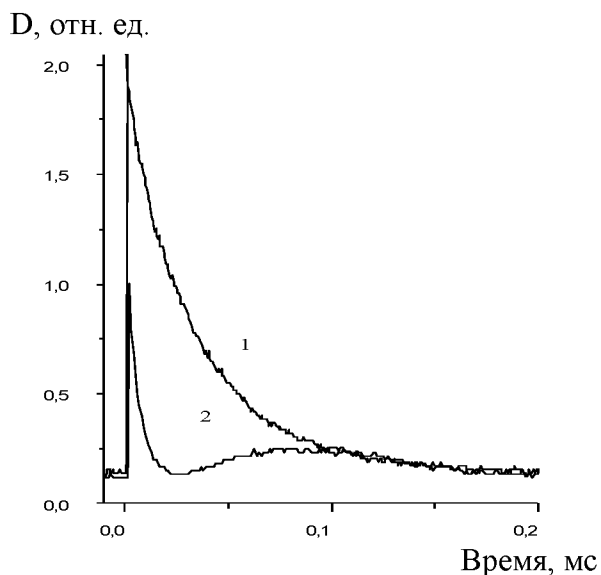
Исследовались образцы в виде пластинок толщиной 2 мм с разной ориентацией граней относительно оптических осей. В соответствии со спектром поглощения образцов, ДР возбуждались на длинах волн 532, 355 и 266 нм, а также лежащих в области перестройки лазера на сапфире с титаном.

Как правило, все полученные кинетики являются многоэкспоненциальными с временами релаксации, зависящими от температуропроводности матрицы и времени жизни соответствующих переходов. Начальная амплитуда дифракции коррелирует со спектром поглощения неодима при возбуждении ДР в диапазоне длин волн от 750 до 950 нм.

На рис.3 приведены две кривые, полученные для образца, у которого оптические оси N_p и N_m лежат в его плоскости. Вектор ДР лежит в плоскости образца и ориентирован параллельно (1) и перпендикулярно (2) оси N_m . Существенная разница форм кривых обусловлена тем, что в первом случае решетки тепловая и “спектральная” (обусловленная присутствием неодима) синфазны, а во втором - сдвинуты на π .

В дальнейшем предполагается исследовать матрицу КГВ без примеси неодима для оценки анизотропии как наведенной терморефракции, так и теплопроводности.

Авторы выражают благодарность А. Н. Титову за предоставленные образцы кристалла КГВ.



Р и с. 3. Кинетика дифракции на ДР, индуцированной в пластинке из кристалла КГВ на длине волны 532 нм при периоде решетки 74 мкм

1. Eichler H., Salje G., Stahl H. // J. Appl. Phys. - 1973. - Vol. 44. - P. 5383.
2. Рубанов А. С., Ивакин Е. В., Петрович И. П. // Изв. АН БССР, Сер. физ.-мат. наук. - 1972. - № 6. - С. 123.
3. Pohl D. W. // IBM J. Res. Develop. - 1979. - Vol. 23. - P. 604.
4. Ивакин Е. В. // Оптический журнал. - 2000 (в печати).
5. Ивакин Е. В., Бень В. Н., Лазарук А. М. // Патент РФ №2010221. Оpubл. Б. И. № 6 (1994).
6. Ivakin E., Filippov V., Lapchuk N. et al. // Abs. of 10th European Conf. on Diamond. - Prague, 1999.
7. Мочалов И. В. // Оптический журнал. - 1995. - № 11. - С. 4.
8. Ильичев Н. Н., Кирьянов А. В., Пашинин П. П. // Квантовая электроника. - 1998. - Т. 25. - С. 155.
9. Antipov O. L., Kuzhelev A. S., Chausov D. V. et al. // J. Opt. Soc. Am. - 1999. - Vol. B16. - P. 1072.