

температурном интервале уменьшение интенсивности за счет увеличения амплитуды колебаний не превышает 20 % и определяет лишь малую долю изменения выхода  $\gamma$ -квантов.

Чтобы проконтролировать изменение температуры в различных точках мишени, на поверхность 50-микронного кристалла были напылены три медно-никелевые термодпары (толщина термоэлектродов  $\sim 0.1$  мкм), позволявшие проводить измерения в центре, на половине радиуса и на краю пластины. Результаты измерения температуры при различных токах пучка вместе с данными, полученными путем численного решения простого одномерного уравнения, учитывающего теплопроводность пластины и теплоотвод за счет излучения, приведены на рис. 2. Из них следует, что

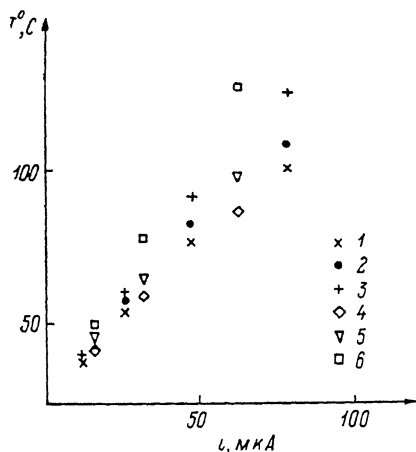


Рис. 2. Температура в различных точках мишени при различных значениях электронного тока.

1—3 — эксперимент, 4—6 — расчет. 1, 4 — край пластины; 2, 5 — половина радиуса пластины; 3, 6 — центр пластины.

с ростом интенсивности электронного пучка увеличивается перепад температуры вдоль поверхности кристалла, что приводит к неоднородному тепловому расширению и соответственно к возникновению радиальных усилий и изгибу пластины. Таким образом, при использовании ориентированной кристаллической мишени в качестве источника  $\gamma$ -излучения этот эффект будет являться ограничением при продвижении в область больших токов.

#### Список литературы

- [1] Байер В. Н., Катков В. М., Страховенко В. М. // Препринт 84-11 ИЯФ СО АН СССР. Новосибирск, 1984.
- [2] Базылев В. А., Головизнин В. В. // ДАН СССР. 1989. Т. 304. № 2. С. 336—340.
- [3] Базылев В. А., Жеваго Н. К. Излучение быстрых частиц в веществе и во внешних полях. М.: Наука, 1987. 268 с.

Институт атомной энергии  
им. И. В. Курчатова  
Москва

Поступило в Редакцию  
7 марта 1990 г.

## РЕЛАКСАЦИЯ ФОТОИНДУЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ РУБИНА

Ю. В. Владимирцев, Н. Н. Куркин, Ю. Е. Несмелов, Н. К. Соловаров

Свойства фотоиндуцированной электрической доменной структуры рубина и процессы ее формирования экспериментально исследовались в работах [1—6]. Можно считать общепринятым, что формирование электрической структуры связано с образованием в облученном образце anomalно заряженных ионов хрома ( $\text{Cr}^{4+}$  и  $\text{Cr}^{2+}$ ) и их пространственным перераспределением. Здесь представлены экспериментальные резуль-

таты по релаксации фотоиндуцированной доменной структуры при различных условиях ее образования.

Фотоэлектрическая структура создавалась облучением аргонового (ЛГН-502) или гранатового (ЛГИ-701) лазера в образцах рубина, находящихся при 77 К. Наблюдалось изменение спектра  $R_1$ -линии люминесценции со временем после облучения. Люминесценция возбуждалась с помощью лампы накаливания мощностью 20 Вт. Спектры люминесценции снимались при 77 К до создания структуры, сразу после образования структуры и после нахождения образцов в течение различных промежутков времени при комнатной температуре. Образцы рубина концентрации 0.45 вес. %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  представляли собой пластинки толщиной 0.07—0.43 мм. Оптическая ось перпендикулярна плоскостям пластинок. Спектральное разрешение аппаратуры  $0.2 \text{ см}^{-1}$ .

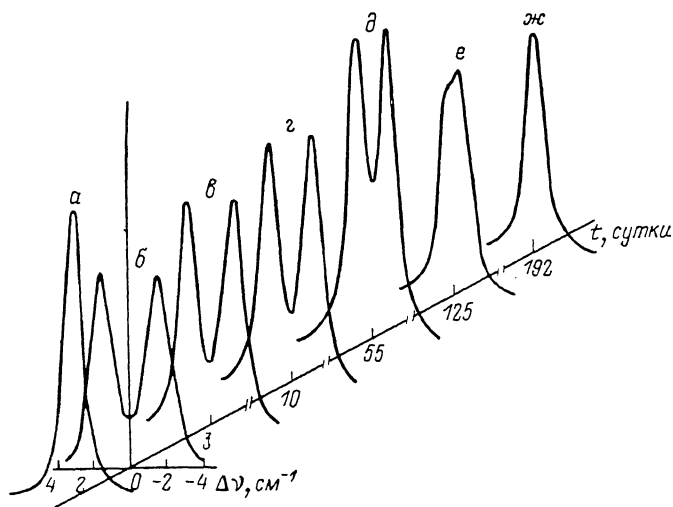


Рис. 1. Релаксация фотоэлектрической доменной структуры.

Толщина образца 0.07 мм. Спектры сняты при различном усилении аппаратуры.

Типичный пример релаксационного изменения формы  $R_1$ -линии люминесценции показан на рис. 1. Спектр *а* снят до лазерного облучения, спектр *б* — сразу после облучения. Видно, что  $R_1$ -линия хорошо расщепилась, электрическое поле в доменах  $\approx 400 \text{ кВ/см}$ . Численный анализ спектра *б* показал, что он описывается суммой трех линий. Две боковые линии образуют дублет, величина расщепления которого соответствует электрическому полю доменов. Компоненты дублета незначительно (в 1.1—1.2 раза) уширены по сравнению с исходной линией. Третья линия, расположенная в центре спектра, уширена сильнее (примерно в два раза), и ее интенсивность почти на порядок меньше интенсивности компонент дублета. С течением времени центральная компонента относительно быстро (с характерным временем 1—3 суток) уменьшается и исчезает: спектры *в*—*д* описываются суммой двух расщепленных исходных линий. Одновременно происходит уменьшение ширины компонент дублета до ширины исходной линии. Расщепление компонент дублета уменьшается значительно медленнее без изменения формы компонент. Дублет превращается в уширенную линию (спектр *е*), и далее спектр, снятый через несколько сот суток после облучения (спектр *ж*), совпадает с исходным.

Наличие центральной компоненты в спектре *б* показывает, что в облученной области образца имеются ионы  $\text{Cr}^{3+}$ , на которые не действует электрическое поле доменов. Исчезновение этой компоненты говорит о возрастании со временем электрических полей на таких ионах хрома до значений полей доменов. Более наглядно существование такого процесса демонстрируется на рис. 2. Здесь специально создавалась «недо-

облученная» структура, характеризующаяся некоторым распределением внутренних электрических полей от 0 до  $E_{\max}$  (рис. 2, б). Релаксационное изменение внутренней электрической структуры происходит таким образом, что устанавливается одно значение внутренних электрических полей (рис. 2, в). При этом на части ионов  $\text{Cr}^{3+}$  электрическое поле увеличивается. Подчеркнем, что этот процесс происходит при комнатной температуре как на свету, так и в темноте, т. е. участие в нем проводимости по возбужденной в метастабильное состояние системе ионов  $\text{Cr}^{3+}$  [3, 4, 6] маловероятно. Происходящее одновременно уменьшение ширины компонент дублета (рис. 1, в) демонстрирует увеличение однородности электрических полей доменов.

Можно сделать вывод о наличии в облученном рубине двух качественно различных процессов релаксации при комнатной температуре. Быстрый процесс (с характерным временем несколько суток) представляет собой упорядочение доменной структуры. Т. е. существует темновой механизм релаксационного высокотемпературного пространственного перераспределения зарядов, инициируемый созданной во время

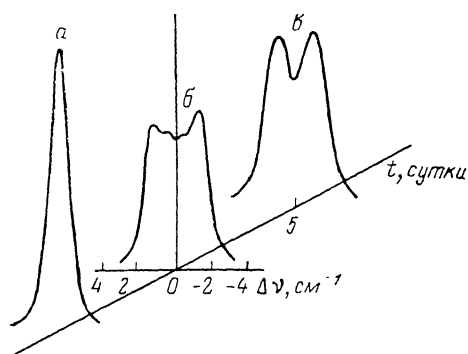


Рис. 2. Релаксация «недооблученной» фотоэлектрической структуры.

а — спектр  $R_1$ -линии до облучения. Толщина образца 0.07 мм.

облучения зародышевой доменной структурой. При этом происходит концентрация anomalously заряженных ионов хрома в области объемных зарядов — доменных стенок, — о чем свидетельствует увеличение однородности полей доменов.

Медленный процесс (с характерным временем сотни суток) происходит без пространственного перераспределения зарядов в образце. Об этом говорит неизменность формы линий компонент дублета в процессе долговременной релаксации. Его естественно связать с восстановлением нормального зарядового состояния ионов хрома ( $\text{Cr}^{4+} + e^- = \text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{2+} = \text{Cr}^{3+} + e^-$ ), образующих доменные стенки, и одновременным уменьшением величин объемных зарядов, создающих поля доменов. Необходимо отметить, что названная цифра характерного времени долговременной релаксации заметно варьируется от образца к образцу и даже в разных областях одного и того же образца. Во всяком случае имеются образцы, где дублетная структура спектра мало изменялась в течение двух лет.

Авторы признательны С. А. Мигачеву за помощь в проведении экспериментов.

#### Список литературы

- [1] Liao P. F., Glass A. M., Humphrey L. M. // Phys. Rev. B. 1980. V. 22. N 5. P. 2276—2281.
- [2] Басун С. А., Каплянский А. А., Феofilов С. П. // ЖЭТФ. 1984. Т. 87. № 6 (12). С. 2047—2063.
- [3] Басун С. А., Каплянский А. А., Феofilов С. П. // Письма в ЖЭТФ. 1986. Т. 43. № 7. С. 344—347.
- [4] Kaplyanskiy A. A., Basun S. A., Feofilov S. P. // J. Luminescence. 1987. V. 38. N 1—6. P. 120—124.
- [5] Владимирцев Ю. В., Куркин Н. Н., Несмелов Ю. Е., Соловаров Н. К. // ЖПС. 1989. Т. 51. № 1. С. 143—146.
- [6] Куркин Н. Н., Несмелов Ю. Е., Соловаров Н. К. // Деп. в ВИНТИ. 1989. № 4459-B89.