

- [1] Варюхин В. Н., Стрельцов В. А., Резиков А. В., Козлова Л. В. // УФЖ. 1988. Т. 33, № 2. С. 274—280.
- [2] Галкин А. А., Дацко О. И., Варюхин В. Н., Пилипенко Н. П. // ДАН СССР. 1977. Т. 238, № 1. С. 88—90.
- [3] Гранат А., Люкке К. // Физическая акустика. М.: Мир, 1969. Т. 4. Ч. А. С. 261—324.
- [4] Hici Y., Maruyama T. Internal friction and ultrasonic attenuation in solids. Tokyo, 1975. P. 201—210.
- [5] Kogure Y., Kosugi T., Hici Y. Internal friction and ultrasonic attenuation in solids. Tokyo, 1977. P. 525—529.
- [6] Худик Б. П. // Металлофизика. 1988. Т. 10. № 5. С. 41—45.

Институт металлофизики АН УССР
Киев

Поступило в Редакцию
15 марта 1989 г.

УДК 539.21 : 535.37

Физика твердого тела, том 31, в. 9, 1989
Solid State Physics, vol. 31, N 9, 1989

СЕЛЕКТИВНО ВОЗБУЖДЕННАЯ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ТРИГЕРМАНАТА ВИСМУТА

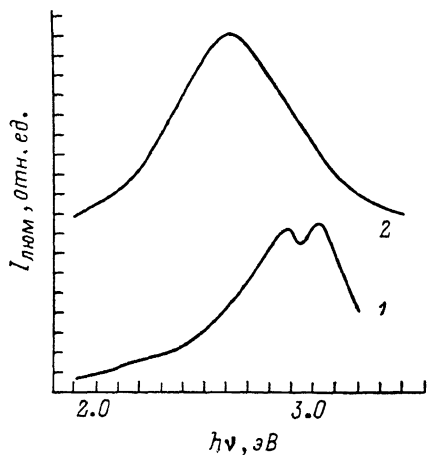
*Р. Балтрамеюнас, С. Ф. Бурачас, А. Жукаускас,
Е. Н. Пирогов, В. Д. Рыжиков, Г. Тамулайтис*

Кристаллы тригерманата висмута представляют значительный интерес прежде всего как собственный сцинтиллятор, отличающийся большими средним атомным номером и плотностью материала, высокой механической твердостью, радиационной стойкостью и негигроскопичностью [1, 2], и имеет большие перспективы применения в физике высоких энергий. В спектре излучения чистых кристаллов $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO) при электронном, фото- и γ -облучении преобладает одна полоса с максимумом в области 2.45—2.60 эВ [3, 4]. Однако исследования кинетики температурной зависимости и спектров возбуждения люминесценции [4—6] кристаллов BGO не позволили однозначно определить механизм излучения в этом материале. В качестве возможных моделей предполагается рекомбинация свободных или автолокализованных экситонов [4, 7], переходы на ионах Bi^{3+} [3], рекомбинация с переносом заряда между различными молекулярными ионами [4]. Мало изучена слабая, быстро затухающая полоса излучения с максимумом 3.5 эВ, которая наблюдалась в начальной стадии высвечивания после импульсного возбуждения электронным пучком [8]. Хотя вклад свечения в этой области спектра в общий выход люминесценции мал, исследования этой компоненты излучения могут дать сведения о механизмах поглощения и люминесценции данного кристалла.

В настоящей работе осуществлено выделение коротковолновой компоненты люминесценции BGO путем селективного возбуждения светом, энергия фотонов которого лежит ниже края собственного поглощения (селективные полосы возбуждения в прозрачной области до сих пор не наблюдались). Результаты получены на особенно чистых и совершенных кристаллах, не имеющих длинноволновых хвостов края собственного поглощения, которые характерны для образцов с дефектами и включениями других фаз.

Спектр люминесценции BGO при возбуждении излучением 3-й гармоники лазера АИГ: Nd^{3+} ($h\nu_0 = 3.494$ эВ, $\tau_{\text{имп}} = 10$ нс), представлен на рисунке. Для сравнения там же приведен и спектр, измеренный при воз-

буждении в области сильного поглощения: $h\nu_0=4.659$ эВ (4-я гармоника АИГ: Nd^{3+}). Как видно из этого рисунка, при селективном возбуждении люминесценция отличается своеобразным спектром, состоящим из двух коротковолновых полос с максимумами 2.89 и 3.01 эВ. Форма спектра не претерпевает значительных изменений в интервале температур от 4.2 до 300 К. Интегральная интенсивность люминесценции при охлаждении образца от 300 до 4.2 К увеличивается лишь в два раза. Исследования кинетики затухания люминесценции показали, что при селективном возбуждении времена затухания не превышают 20 нс (разрешающая способность использованной установки) по всему спектру излучения и во всем интервале температур (4.2—300 К). Измеренная зависимость интенсивности люминесценции от уровня возбуждения оказалась линейной, что указывает на однофотонный характер возбуждения быстрой компоненты свечения.



При возбуждении этого же кристалла светом с энергией кванта $h\nu_0=4.659$ эВ наблюдается существенно иная временная кинетика излучения. Затухание люминесценции при $T=300$ К становится экспоненциальным по истечении 0.5 мкс. Начальный участок, характеризующийся более

Спектры кристалла ВГО при энергиях возбуждающего кванта 3.494 (1) и 4.659 эВ (2).

медленным спадом интенсивности люминесценции, видимо, связан с процессами захвата и переноса носителей на излучательный центр. Время последующей экспоненциальной релаксации (370 нс) по порядку величины совпадает с данными, приведенными в [3, 9]. Следует отметить, что форма спектра в ходе затухания не претерпевает значительных изменений, что, очевидно, связано с преобладанием одного механизма рекомбинации.

Сравнение характеристик излучения кристаллов ВГО при возбуждении в области сильного ($h\nu_0=4.659$ эВ) и слабого ($h\nu_0=3.494$ эВ) поглощения приводит к заключению, что люминесценция в этих случаях обусловлена разными механизмами. При $h\nu_0=4.659$ эВ наиболее вероятным, принимая во внимание работы [4, 7], является экситонный механизм. Природу обнаруженных нами полос при возбуждении с $h\nu_0=3.494$ эВ можно объяснить излучательными переходами на ионе Bi^{3+} . Известно, что оптические переходы между основным 1S_0 и нижним возбужденным 3P_0 состоянием Bi^{3+} дипольно запрещены и значительное поглощение и излучение может иметь место лишь с участием возбужденных состояний 3P_1 и 1P_1 [3]. Малые времена затухания, небольшой стоксовый сдвиг, нечувствительность интенсивности и формы спектра излучения к температуре позволяют делать предположение о том, что при $h\nu_0=3.494$ эВ наблюдается горячая люминесценция с возбужденного уровня. Двухкомпонентность спектра в таком случае обусловлена переходами с противоположных точек поворота в конфигурационных координатах [10]. Отсутствие излучения термализованных электронов можно объяснить тем, что в процессе релаксации избыточной энергии конечным является состояние 3P_0 , оптические переходы с которого запрещены. Разность энергий 3P_1 и 3P_0 достоверно определена для Bi^{3+} как примесного атома в некоторых материалах и составляет 50—150 мэВ [11]. По-видимому, в данном случае эта разность также велика и термическое заселение состояния 3P_1 не проявляется.

- [1] Chongfan H., Shiji F., Jingying L., Quanshun Sh., Dingzhong Sh., Tiangun Zh. // Prog. Crystal Growth and Charact. 1985. V. 11. P. 253—262.
- [2] Каргин В. Ф., Каргин Ю. Ф., Скориков В. М., Шадеев Н. И., Грехова Т. И. // Изв. АН СССР, неорг. матер. 1984. Т. 20. С. 815—817.
- [3] Weber M. J., Monchamp R. R. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44. N 12. P. 5495—5499.
- [4] Moncorgre R., Jacquier B., Boulon G. // J. Lumin. 1976. V. 14. N 5—6. P. 337—348.
- [5] Гудаев О. А., Гусев В. А., Петров С. А., Четвергов Н. А., Косов А. В. // Изв. вузов, физика. 1986. Т. 29. № 10. С. 113—115.
- [6] Ivaňov V. Y., Kruzhalov A. V., Pustovarov V. A., Petrov V. L. // Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. 1987. V. A 261. N 1—2. P. 150—152.
- [7] Casalboni M., Francini R., Grassano U. M., Musilli C., Pizzoferrato R. // J. Lumin. 1984. V. 31/32. Pt 1. P. 93—95.
- [8] Викторов Л. В., Крузалов А. В., Каргин В. Ф., Каргин Ю. Ф., Шульгин Б. В. // ЖПС. 1984. Т. 41. № 6. С. 925—929.
- [9] Neihirk D. P., Powell R. C. // J. Lumin. 1979. V. 20. N 3. P. 261—270.
- [10] Хижняков В. В., Ребане И. К. // ЖЭТФ. 1978. Т. 74. № 3. С. 885—896.
- [11] Blasse G., van der Steen A. C. // Sol. St. Comm. 1979. V. 31. N 12. P. 993—994.

Вильнюсский государственный
университет им. В. Капсукаса
Вильнюс

Поступило в Редакцию
17 марта 1989 г.

УДК 621.315.592

Физика твердого тела, том 31, в. 9, 1989
Solid State Physics, vol. 31, N 9, 1989

ТВЕРДОФАЗНАЯ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ПЛЕНОК CdS ПРИ γ -ОБЛУЧЕНИИ

В. Т. Мак, В. Е. Буковский, М. Я. Рахлин

В последние годы значительно возрос интерес к процессам перестройки дефектов под воздействием неравновесных носителей тока [1]. Весьма существенные эволюции дефектов в твердых телах происходят при облучении малыми (до 10^6 рад) дозами ядерных излучений [2, 3]. Облучение создает высокоэнергетичные носители тока, концентрация которых превосходит концентрацию равновесных высокоэнергетичных носителей. Согласно [4], присутствие таких носителей существенно облегчает диффузионные процессы. В сильно разупорядоченных областях материала, какими являются ионно-имплантированные слои, границы раздела слоев, поликристаллические пленки и др., стимулированные высокоэнергетичными неравновесными носителями диффузионные процессы могут приводить к изменению структуры. В работе [5] нами было обнаружено увеличение размеров кристаллитов сульфида кадмия при облучении поликристаллических пленок CdS. Настоящая работа посвящена дальнейшему исследованию структурных превращений в пленках CdS при γ -облучении.

Исследуемые пленки выращивались на ситалловых подложках в открытом вакууме электронно-лучевым испарением порошка CdS с содержанием примесей менее 10^{-3} %. Для подавления роста кристаллитов и создания высокой разупорядоченности структуры пленки выращивались послойно путем многократного повторения циклов напыления слоев CdS толщиной 20 нм и обработки их аргоновой плазмой с энергией ионов 400—500 эВ. Процесс выращивания прекращался по достижении пленкой толщины 1 мкм.

Выращенные таким образом пленки исследовались на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2.0 и электронном микроскопе ЭВМ-100АК. Рентгендифрактограммы снимались по методу Дебая—Шерера, а поверхность пленок исследовалась методом реплик. При расшифровке рентгендифрактограмм вводилась поправка на наличие кристаллической фазы у ситалло-