

05;07

Импульсная катодолюминесценция азидов тяжелых металлов

© В.И. Корепанов, В.М. Лисицын, В.И. Олешко, В.П. Ципилев

Томский политехнический университет
E-mail: korepan@iit.b10.tpu.edu.ru

Поступило в Редакцию 14 мая 2002 г.
В окончательной редакции 15 июля 2002 г.

Изложены первые результаты исследования спектрально-кинетических характеристик импульсной катодолюминесценции поликристаллов азидов тяжелых металлов при уровнях возбуждения, не превышающих порог инициирования взрыва. Установлено, что люминесценция AgN_3 , PbN_6 и TlN_3 при 300 К в интервале 1.5–3.5 eV представлена слабо структурированным широкополосным спектром с временем затухания $\tau < 20$ ps, ограниченным с высокоэнергетической стороны краем фундаментального поглощения материала. При 30 К в TlN_3 обнаружена люминесценция в области 1.5–2.5 eV с максимумом при 1.85 eV, затухающая в микросекундном временном диапазоне. Изучены температурные зависимости спектрально-кинетических параметров свечения.

Азиды тяжелых металлов (АТМ) относятся к инициирующим взрывчатым веществам и являются модельными объектами для изучения механизмов взрывного разложения таких веществ. По своему электронному строению эти соединения соответствуют полупроводникам с шириной запрещенной зоны около 3.5 eV и поэтому в них возможно возбуждение люминесценции. К настоящему времени накоплен значительный экспериментальный материал по исследованию так называемого взрывного свечения АТМ — свечения при уровнях электронного или лазерного воздействия, превышающих порог инициирования взрыва и появляющегося с задержкой относительно импульса возбуждения [1,2]. Имеется также ограниченная информация о стационарных фото- и термостимулированной люминесценции этих материалов при допороговых условиях возбуждения [3,4]. Очевидно, что для разработки моделей инициирования взрывного разложения необходимо понимание первичных процессов, протекающих в АТМ при электронном или лазерном возбуждении. Эффективным источником информации об этих процессах может быть люминесценция, возбуждаемая наносекундными

электронными импульсами с недостаточной для инициирования взрыва энергией за импульс. Таких исследований, несмотря на их очевидную необходимость, до сих пор нет.

Цель настоящей работы — поиск и исследование импульсной катодолюминесценции азидов тяжелых металлов, возникающей при возбуждении образцов сильноточным электронным пучком с плотностью энергии, меньшей пороговой, для инициирования взрыва. В качестве объектов для исследования использовались порошкообразные азиды серебра (AgN_3), свинца (PbN_6) и таллия (TlN_3), которые синтезировались методом двухструйной кристаллизации [5]. Образцы представляли собой прессованные под давлением 10^6 Па таблетки диаметром 5 мм и толщиной 200–300 μm . Источником возбуждения являлся импульсный сильноточный ускоритель электронов со средней энергией электронов 300 кеВ, длительностью импульса ~ 20 ns и плотностью энергии в импульсе 0.01–0.03 J/cm^2 . Люминесценция образцов регистрировалась через монохроматор МДР-23, фотоэлектронным умножителем ФЭУ-118 и запоминающим осциллографом С8-14. Временное разрешение установки составляло ~ 10 ns, спектральное ~ 0.02 eV в коротковолновой области спектра и ~ 0.01 eV в длинноволновой. Спектры катодолюминесценции нормировались с учетом спектральной чувствительности оптического тракта спектрометра. Более подробно импульсный спектрометр описан в [6]. Образцы крепились на кристаллодержателе криостата с давлением остаточных газов в вакуумной камере около 10^{-3} Па.

Типичные спектры катодолюминесценции AgN_3 , PbN_6 и TlN_3 , измеренные при комнатной температуре в момент достижения максимального значения вспышки свечения, приведены на рис. 1. Видно, что в измеренном спектральном интервале импульсная катодолюминесценция всех исследованных азидов представлена широкополосными слабо структурированными спектрами, коротковолновая сторона которых ограничена краем фундаментального поглощения, данные о котором для АТМ приведены в [7]. Установлено, что время затухания этой люминесценции для всех образцов в диапазоне температур 30–300 К не больше длительности возбуждающего импульса (≤ 20 ns). Энергетический выход люминесценции всех азидов тяжелых металлов по предварительным оценкам достаточно низок, а среди исследованных материалов при одинаковых условиях возбуждения наибольшая интенсивность свечения наблюдается в азиде таллия.

При температурах ниже 60 К а азиде таллия нами обнаружено также медленно затухающее свечение, состоящее из перекрывающихся полос

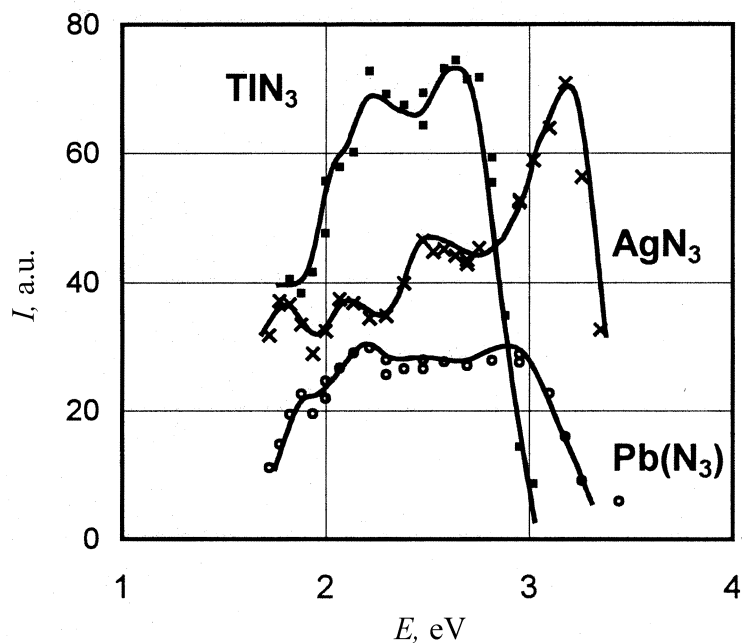


Рис. 1. Спектры импульсной катодоллюминесценции азидов тяжелых металлов при 300 К.

с общим максимумом при $E = 1.85$ eV (рис. 2, кривая 2), амплитудное значение интенсивности которого (но не высвеченная светосумма) на порядок меньше по сравнению с малоинерционной составляющей ИКЛ. Кинетика затухания свечения в максимуме этой полосы при 30 К описывается суммой двух экспонент с характеристическими временами затухания $\tau_1 = 5 \mu\text{s}$ и $\tau_2 = 50 \mu\text{s}$. Форма полосы при 30 К не изменяется со временем в процессе затухания свечения. Как видно из сравнения спектров TlN_3 , показанных на рис. 1 и 2, вид спектра малоинерционной составляющей ИКЛ зависит от температуры образца при облучении. Интенсивность этого компонента люминесценции при $E = 2.7$ eV практически не меняется в широком температурном интервале 30–300 К, а интенсивность свечения в области спектра 1.5–2.5 eV при уменьшении температуры от 60 до 30 К существенно падает. В этом же

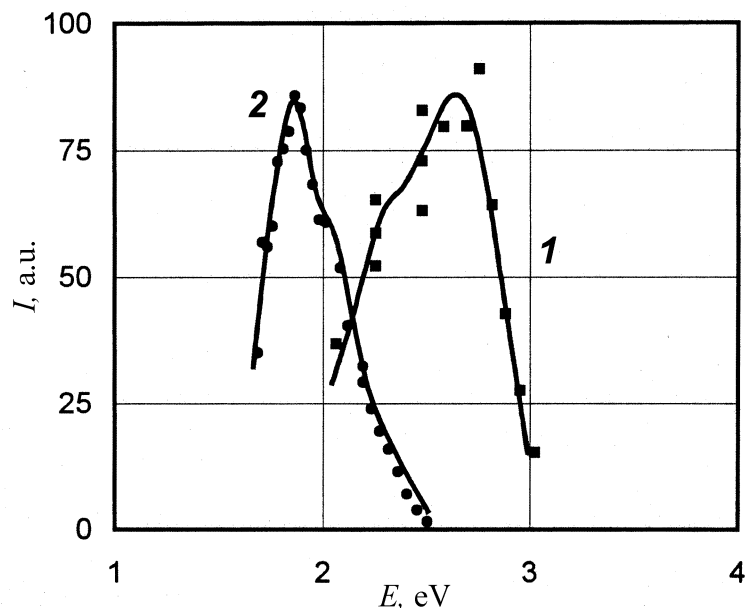


Рис. 2. Спектры наносекундного (1) и микросекундного (2) компонентов затухания импульсной катодолуминесценции TiN_3 при 30 К.

температурном диапазоне интенсивность инерционной полосы 1.85 eV в TiN_3 увеличивается на порядок при понижении температуры от 60 до 30 К.

Таким образом, в азидах тяжелых металлов обнаружена типичная для твердых тел с достаточно широкими междозонными щелями катодолуминесценция. При подпороговых уровнях электронного возбуждения АТМ ведут себя подобно представителям полупроводниковых и диэлектрических материалов, в которых при радиационном облучении эффективно создаются электронно-дырочные пары, часть которых рекомбинирует излучательно. Во многих из этих материалов также обнаружена широкополосная малоинерционная импульсная катодолуминесценция с малым энергетическим выходом [8]. Эту люминесценцию связывают обычно с внутризонными переходами. Поэтому ее спектр оказывается ограниченным только краем собственного поглощения кристалла, время

затухания люминесценции может иметь значения, равные единицам пикосекунд, а параметры не зависят от температуры образцов.

Так как спектр обнаруженного нами малоинерционного компонента свечения при импульсном электронном возбуждении в TiN_3 явно зависит от температуры (ср. кривые на рис. 1 и 2), то мы склонны отнести его к другому виду люминесценции. Возбуждение этого свечения может быть связано с созданием в материале короткоживущих продуктов радиолиза и рекомбинацией генетических электронно-дырочных пар при перезарядке созданных облучением радикалов собственного и примесного (или околопримесного) происхождения. Высокая исходная дефектность АТМ создает возможность для образования большого количества различных видов электронных возбуждений, и этим можно объяснить широкополосный спектр излучения. Косвенным подтверждением этого могут служить результаты исследования фотопроводимости в образцах AgN_3 [3], спектральная зависимость которой хорошо коррелирует со спектром измеренной нами люминесценции. Однако окончательное установление природы как малоинерционного, так и низкотемпературного инерционного компонентов люминесценции азидов тяжелых металлов требует дальнейшего подробного изучения.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы „Научно-инновационное сотрудничество“.

Список литературы

- [1] Адуев Б.П., Алукер Э.Д., Кречетов А.Г. // Письма в ЖТФ. 1996. Т. 22. В. 6. С. 24–27.
- [2] Адуев Б.П., Алукер Э.Д., Захаров Ю.А. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1997. Т. 66. В. 2. С. 101–103.
- [3] Диамант Г.М., Колбасов С.В. // ЖФХ. 1991. Т. 65. № 6. С. 1475–1478.
- [4] Захаров Ю.А., Руколеев С.И., Лоскутров В.С. // ХВЭ. 1979. Т. 13. № 1. С. 61–65.
- [5] Куракин С.И., Диамант Г.М., Пугачев В.М. // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1990. Т. 26. № 11. С. 2301–2304.
- [6] Корепанов В.И., Лисицын В.М., Стреж В.В. и др. // ФТТ. 1985. Т. 27. № 10. С. 3052–3056.
- [7] Боуден Ф., Иоффе А. Быстрые реакции в твердых веществах. М.: Мир, 1962. 243 с.
- [8] Савихин Ф.А., Васильченко В.П. // ФТТ. 1997. Т. 39. № 4. С. 613–617.