УДК 535.37

ДЕЙСТВИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Ю. В. Робул

Одесский государственный университет им. И. И. Мечникова

Изучалось влияние гамма-излучения на фото- и термостимулированную люминесценцию (ФЛ и ТСЛ соответственно) окисных пленок алюминия. Установлено, что в результате взаимодействия оксида алюминия с гамма-лучами имеет место уменьшение интенсивности его ТСЛ и ФЛ. Показано, что центры свечения, ответственные за ТСЛ и ФЛ, имеют ассоциативную донорно-акцепторную природу.

Начиная с 50-х годов нашего столетия в изучении люминесценции начался этап учета и исследования влияния поверхностных эффектов. В частности, было показано, что запасание светосуммы окисными пленками ряда металлов, включая алюминий, обусловлено диссоциацией воды, адсорбировавшейся на каталитически активной поверхности окисла [1]. Было установлено [1], что облучение оксида алюминия ультрафиолетовым светом (УФ) с длиной волны к < 300 нм существенно ускоряет процесс запасания светосуммы, который в этом случае завершается за несколько минут. Таким образом, показано влияние УФ на люминесценцию. В связи с этим представляло интерес изучить влияние на люминесценцию окиси алюминия более коротковолнового излучения.

Изучалось влияние гамма-лучей на ТСЛ и ФЛ $A1_20_3$. Исследуемые образцы представляли собой тонкие (толщина 50—80 мкм) окисные пленки на алюминии, полученные электрохимическим оксидированием фольги в 1% водном растворе щавелевой кислоты. Источником гамма-квантов был изотоп ^{60}Co.

Окисные пленки алюминия запасали светосумму в результате фотодиссоциации молекул воды из среды, окружающей образец. Фотодиссоциация инициировалась УФ с длиной волны X < 300 нм. Предварительно все образцы подвергались прогреванию для термического высвечивания светосуммы, накопленной ими во время изготовления. Часть образцов не облучалась УФ, светосумму не накапливала и использовалась в качестве эталона.

Образцы, как накопившие светосумму в результате УФ облучения, так и не накопившие ее, подвергались гамма-облучению. Время облучения было различным и составляло 3,68 и 113 часов. После гамма-облучения образцы помещались в светонепроницаемую камеру, где проводилось их термовысвечивание. Свечение образцов регистрировалось с помощью фотоумножителя ФЭУ-100. Скорость нагрева образцов поддерживалась постоянной и составляла 0,3 град/с.

ФЛ окисных пленок алюминия возбуждалась светом с длиной волны X = 360 нм. Свечение регистрировалось с помощью монохроматора УМ-2 и фотоумножителя ФЭУ-100.

Результаты предпринятых исследований представлены на рис. 1, 2. Из представленных на них спектров ТСЛ и ФЛ оксида алюминия видно, что интенсивность ТСЛ и ФЛ после взаимодействия $A1_20_3$ **С** гамма-квантами существенно уменьшилась. В то же время воздействие на $A1_20_3$ гамма-квантов, в отличие от коротковолнового УФ не завершается запасанием светосуммы. Уменьшение интенсивности свечения тем больше, чем дольше окисел взаимодействует с гамма-квантами. Изменения, происходящие в спектрах ТСЛ и ФЛ А1,0, после гамма-облучения не являются необратимыми. Интенсивность свечения восстанавливается: ТСЛ — в результате последующей адсорбции и диссоциации, ФЛ — в результате прогревания образцов в атмосфере, содержащей пары воды или кипячения в воде.

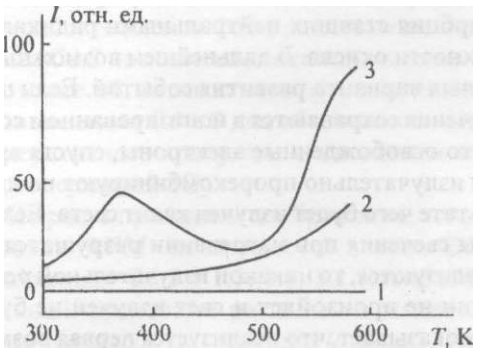

Рис. 1. Спектр ТСЛ оксида алюминия: 1 — образца, не облученного УФ, но облученного гамма-лучами в течение 68 часов; 2 — образца, облученного УФ и гамма-лучами **в** течение 68 часов; 3 — образца, облученного УФ, но не облученного гамма-лучами

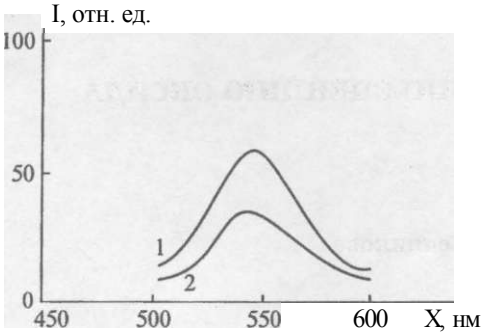

Рис. 2. Спектр ФЛ оксида алюминия: 1 — образца до облучения гамма-лучами, 2 — образца после облучения гамма-лучами

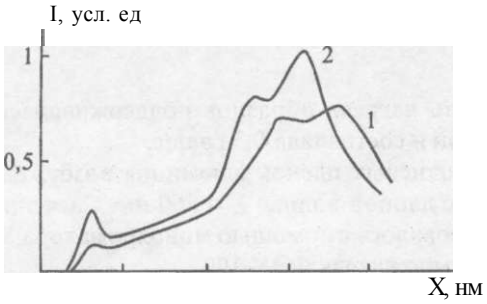

Рис. 3. Спектр ФЛ оксида алюминия при разных интенсивностях возбуждения: 1 - интенсивность возбуждения $/_0$, 2 - интенсивность возбуждения $3/_0$

Полученные результаты могут быть объяснены таким образом. В результате диссоциации адсорбированных молекул воды на поверхности окисла образуются ионы H^+ и OH". Гидроксил-ионы в этом случае играют роль заполненных электронами ловушек. Одновременно, они являются необходимыми для образования центров свечения. Последние ионизируются в результате взаимодействия с протонами, обладающими высокими электроноакцепторными свойствами. В результате последующего нагревания происходит термический выброс электронов, локализованных на центрах захвата, связанных с комплексами OH в зону проводимости и десорбция ставших нейтральными радикалов с поверхности окисла. В дальнейшем возможны два основных варианта развития событий. Если центры свечения сохраняются в ионизированном состоянии, то освобожденные электроны, спустя время жизни излучательно прорекомбинируют на них, в результате чего будет излучен квант света. Если же центры свечения при нагревании разрушатся или нейтрализуются, то никакой излучательной рекомбинации не произойдет и свет излучен не будет. Опыт показывает, что реализуется первая возможность. Из рассмотренного видно, что помимо прочего, интенсивность ТСЛ определяется количеством ионов OH", образовавшихся в результате диссоциативной адсорбции.

Естественно было предположить, что под действием гамма-лучей и порожденных ими быстрых электронов происходит уменьшение количества центров свечения адсорбционной природы OH". Высокоэнергетичное излучение "выбивает" электроны, локализованные на ловушках. Ставшие нейтральными радикалы десорбируют с поверхности. Однако, спектры ФЛ окиси алюминия свидетельствуют о том, что под действием гамма-лучей происходит либо нейтрализация центров свечения, либо их разрушение. Совокупность ранее опубликованных результатов и данных, полученных в этой работе, позволяет сделать вывод о том, что, вероятно, основная часть центров свечения имеет ассоциативную донорно-акцепторную природу. Такие центры образуются в результате кулоновского взаимодействия продуктов диссоциации молекул, хемосорбировавшихся на поверхности, с заряженными дефектами структуры окисла. Вследствие гамма-облучения происходит разрушение донорно-акцепторных пар, поэтому интенсивность ФЛ уменьшается.

Известно, что существуют экспериментальные методики, позволяющие определить, являются ли центры свечения донорно-акцепторными парами. Одна из таких методик состоит в снятии спектров ФЛ при различных интенсивностях возбуждения. При увеличении интенсивности возбуждения максимум полосы ФЛ, обусловленной свечением на донорно-акцепторных парах смещается в коротковолновую часть спектра [2]. Подобный опыт был поставлен. Его результаты демонстрирует рис. 3. Из него видно, что, как и должно быть при свечении на донорно-акцепторных парах, максимум полосы 580 нм при увеличении интенсивности возбуждения сместился до 560 нм. Так как эта полоса является наибольшей, го можно с уверенностью говорить, что основная доля излучательных рекомбинаций в оксидной пленке алюминия происходит на донорно-акцепторных парах.

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать такие основные выводы. Установлено, что воздействие гамма-лучей на окисную пленку алюминия, в отличие от коротковолнового ультрафиолета не приводит к запасанию светосуммы. Ранее запасенная светосумма при этом уменьшается. После гамма-облучения также уменьшается интенсивность фотолюминесценции. Уменьшение интенсивности ТСЛ и ФЛ не является необратимым. Центры свечения, через которые происходит основная доля излучательных рекомбинаций, имеют ассоциативную донорно-акцепторную природу.

Литература

1. **Михо В. В., Робул Ю. В., Нафтулович М. К.** // УФЖ—1997 —Т. 42, —№ 11—12, —С. 1351—1352.
2. **Ваксман Ю. Ф.** // Вісник ОДУ. — 1998 — № 3. — С 10—14.