

СПЕКТРАЛЬНО-РАЗРЕШЕННАЯ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ГАФНИЯ В ДИАПАЗОНЕ LNT – 623 К

Шилов А.О.¹, Медведев Т.Е.¹, Морозов А.Р.¹, Камалов Р.В.¹,
Вохминцев А.С.¹, Вайнштейн И.А.^{1,2}

¹) НОЦ НАНОТЕХ, Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

²) Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

E-mail: ao.shilov@urfu.ru

SPECTRALLY RESOLVED THERMOLUMINESCENCE OF HAFNIA NANOTUBES IN LNT – 623 K RANGE

Shilov A.O.¹, Medvedev T.E.¹, Morozov A.R.¹, Kamalov R.V.¹,
Vokhmintsev A.S.¹, Weinstein I.A.^{1,2}

¹) NANOTECH Centre, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²) Institute of Metallurgy of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia

We investigate spectrally resolved thermoluminescence (TSL) of nanotubular monoclinic hafnia excited by UV-irradiation. The observed TSL emission in the blue-green (2.42 eV) region is caused by oxygen vacancies in various charge states.

Нанотубулярный диоксид гафния является перспективным материалом для применений в наноэлектронике, солнечной энергетике, при создании мемристорных устройств и ячеек сегнетоэлектрической памяти. Прикладные перспективы HfO_2 в перечисленных наукоемких областях во многом обусловлены свойствами, связанными, в частности, с собственными точечными дефектами на основе вакансий в кислородной подрешетке, которые могут выступать в роли и электронных, и дырочных ловушек. Ранее, нами были изучены оптические свойства тонких плёнок [1] и наноструктурированного порошка диоксида гафния [2, 3]. Для изучения влияния особенностей морфологии на люминесцентные свойства в настоящей работе исследованы процессы спектрально-разрешенной термостимулированной люминесценции (ТСЛ) нанотубулярных массивов анион-дефицитного диоксида гафния после воздействия УФ-излучением в диапазоне от температуры жидкого азота (LNT) до 623 К.

Нанотрубки HfO_2 были получены методом электрохимического анодирования гафниевой фольги в потенциостатическом режиме. После синтеза образцы отжигались в течение двух часов при температуре 700°C. В результате отжига образцы с аморфной «as-grown» структурой переходят в упорядоченную кристаллическую фазу с моноклинной симметрией.

Регистрация спектров ТСЛ проводилась с использованием разработанного измерительного канала на основе охлаждающей системы Linkam LNP96-S,

сопряжённой со спектрометром Andor Shamrock SR-303i-B и ПЗС-матрицей NewtonEM DU970P-BV-602. Перед измерениями проводился нагрев образцов до 623 К с целью опустошения возможных активных ловушек. В ходе эксперимента образец охлаждался до 78 К, облучался УФ-излучением с длиной волны 275 нм в течение 10 минут и затем нагревался до 623 К со скоростью 0.5 К/с. Одновременно с нагревом осуществлялась регистрация спектров свечения в диапазоне 300-850 нм с частотой 1 Гц. В результате нами были получены зависимости интенсивности ТСЛ-отклика облученных нанотрубок HfO_2 от длины волны свечения и температуры образца.

Наблюдаемые спектры ТСЛ свечения представляет собой полосу гауссовой формы с положением максимума 2.42 эВ и 0.65 эВ. Полученные спектральные параметры хорошо согласуются со спектральными характеристиками фотолюминесценции нанотрубок HfO_2 при возбуждении фотонами 275 нм.

Измеренные температурные ТСЛ-кривые характеризуются широким пиком с максимумом 280 К и полушириной 120 К. На основе анализа экспериментальных зависимостей в рамках формализма кинетики общего порядка установлено, что данный пик является суперпозицией трёх ТСЛ компонент, которые обусловлены термостимулированными процессами с участием ловушек с энергиями активации 60 ± 10 , 200 ± 40 и 500 ± 40 мэВ. Полученные результаты обсуждаются с учётом возможной природы центров захвата и рекомбинации носителей заряда.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-22-00310

1. A. O. Shilov, S. S. Savchenko, A. S. Vokhmintsev, V. A. Gritsenko, I. A. Weinstein. AIP Conf. Proc., 2313, 030006 (2020).
2. .A.O. Shilov, A.S. Vokhmintsev, A.M.A. Henaish, I.A.Weinstein, Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys., 84(7), 771-774 (2022).
3. A.O. Shilov, S.S. Savchenko, A.S. Vokhmintsev, V.A. Gritsenko, I.A. Weinstein., J. Lumin., 247, 118908 (2022).