

Отзыв

на автореферат диссертации Смирнова Максима Владимировича «Структурные дефекты и рекомбинационные процессы в монокристаллических и керамических твердых растворах $\text{LiNbO}_3:\text{Me}$ (Me – Nb, Zn, Mg) и ANbO_4 (A – Gd, Y)», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Фотолюминесцентная спектроскопия является одним из основных видов спектроскопии для изучения структуры энергетических уровней вещества и дополнительной к колебательной, ЭПР и ЯМР - спектроскопии с точки зрения изучения дефектности и примесного состава твердых тел. Применение данного вида спектроскопии к изучению дефектов структуры в таких широко используемых материалах в нелинейной оптике и акустоэлектронике как сегнетоэлектрик ниобат лития, легированный примесями, понижающими порог эффекта фоторефракции представляется более чем своевременным. Тем более, что данные материалы как фазы переменного состава подробно изучены методами колебательной спектроскопии в зависимости как от технологий выращивания, состава шихты, состава и концентрации легирующих примесей и собственных дефектов структуры. В то же время работ по систематическому изучению люминесценции и, в частности, фотолюминесценции в этих кристаллах до обидного мало.

Первая глава представляет собой литературный обзор, посвященный анализу дефектной структуры ниобата лития номинально чистого и легированного примесями магния и цинка, причем основное внимание уделяется дефектам, образующим уровни излучательной рекомбинации и ловушкам электронов, повышающим вероятность фоторефракции. Описываются механизмы фоторефракции в кристаллах ниобата лития разного состава.

Вторая глава посвящена описанию методов и технологий получения ниобата лития разного состава, и керамик на основе ниобата лития, а также методов легирования ниобата лития примесями магния и цинка различных концентраций. Описана методика и аппаратура регистрации спектров фотолюминесценции.

В третьей главе представлены результаты по оптическому поглощению в кристаллах ниобата лития и влияние структурных дефектов на сдвиг края поглощения в номинально чистых кристаллах ниобата лития конгруэнтного и стехиометрического состава, в зависимости от качества шихты. Описаны два типа фотолюминесценции – поверхностный и объемный исходя из типов дефектов на поверхности и собственных – в объеме в оптическом и ближнем ИК диапазонах. Предполагается, что значительная люминесценция близкого к идеальному составу кристалла ниобата лития в ИК области (в 2, 5 раза больше двух других образцов) связана с аддитивным вкладом неизвестного происхождения. Кроме того, проведены эксперименты по температурному тушению фотолюминесценции номинально чистых кристаллов ниобата лития и фотолюминесценции керамик на основе ниобата лития, ниобата гадолиния с примесями европия и ниобата иттрия. Керамики показывают интенсивную люминесценцию в оптической области предположительно за счет рекомбинации с возбужденных уровней кластеров NbO_4 . Спектры люминесценции номинально чистых кристаллов и керамик в ИК – области примерно одинаковы, что предполагает одни и те же центры свечения – ионы ниобия в местоположениях атомов лития.

В четвертой главе выполнен анализ края линии оптического поглощения и спектров фотолюминесценции кристаллов ниобата лития, легированных окислами цинка и магния различных концентраций. Сдвиг края линии оптического поглощения в область коротких длин волн имеет порговый характер по концентрации цинка. Величина порога зависит от метода легирования. По спектрам фотолюминесценции в области низких концентраций цинка квантовый выход люминесценции на 60-70% ниже относительно выхода в номинальной чистом стехиометрическом кристалле с тем же максимумом. При этом интенсивности меняются разнонаправленно с концентрацией. В области высоких концентраций примеси максимум спектра сдвигается в область высоких энергий, что говорит о смене канала рекомбинации, по-видимому связанным с возмущением уровней Nb – O в присутствии дефектов цинка. Изменения в спектрах фотолюминесценции кристаллов ниобата лития с примесями магния аналогичны.

По поводу изложения материалов диссертации в автореферате хотелось бы сделать ряд замечаний. 1) В процессе анализа спектров фотолюминесценции нигде по автореферату не приводится идентификация уровней излучательной рекомбинации ионов, участвующих в процессе по энергетической диаграмме Дике, говорится об ионах или комплексах уже как данных. Вполне возможно, что такая идентификация уровней проведена в диссертации либо на изолированных ионах, либо на уровнях ионов в матрице кристалла, поэтому приходится верить на слово. 2) В ряде случаев говорится о высоком квантовом выходе люминесценции для кристалла ниобата лития стехиометрического состава с шихтой окиси калия как о совершенном кристалле с малым количеством дефектов, в противоположных случаях это не обсуждается. 3) Край линии поглощения для стехиометрического кристалла и в кристаллах с примесью цинка (1,42 мол. %) (рис. 4а) явно отличается от экспоненциального поведения ввиду более медленного спада поглощения. Эта особенность не объяснена. Отмеченные недостатки, тем не менее, не умаляют научную и практическую значимость результатов диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.2 «Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Соискатель, Смирнов Максим Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Аникьев Анатолий Анатольевич,

доктор физ.-мат. наук, профессор
Профессор кафедры РЛ2
Московского государственного технического
университета им. Н.Э. Баумана
105005 г. Москва, Баумнаский пер., д. 5 стр. 1
aaanikyev@ma
Я, Аникьев Ан
персональных
и их дальнейш

ление своих
иссертационного совета,
/А.А.Аникьев/

19.05.2023