

## Материалы научных конференций с международным участием

## Физико-математические науки

ДРОБНО-ЛИНЕЙНЫЕ ФУНКЦИИ  
ДУАЛЬНОГО ПЕРЕМЕННОГО

Васильев В.В.

Тамбовский государственный технический университет,  
Тамбов

В докладе рассматриваются о дробно-линейные

$$w = \frac{az + g}{bz + d}$$

функции над фактор-кольцом

$\Lambda = R[i]/I$ , где  $R[i]$  - кольцо многочленов от  $i$

над полем действительных чисел,  $I = (i^2)$  - идеал,

порожденный многочленом  $i^2$ , также рассматривает-

ся связанная с этими функциями группа  $SL(2, \Lambda)$ ,

для которой получены разложения Гаусса и Ивасава

и построено представление группы  $SL(2, \Lambda)$  в про-

странстве  $R^4$ .

К МЕТОДИКЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО  
ПОСТРОЕНИЯ СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ  
ЛЮМИНОФОРА

Мордюк В.С., Горюнов В.А.,

Золотков В.Д., Тихонова Н.П., Маскинсков Д.В.

Мордовский университет,

Саранск

## Введение

Не может вызывать споров утверждение о том, что расширенный спектр излучения люминофора обусловлен влиянием внутренних напряжений, локализующихся в области энергоемких структурных дефектов – дислокаций. Возбуждение люминесценции в люминесцентных лампах осуществляется ультрафиолетовым излучением, частичная потеря их энергии происходит на структурных дефектах люминофора. Физическая причина расширения спектра заключается только в том, что поля внутренних напряжений вокруг дислокаций обуславливают изменения ширины запрещенной полосы, изменение энергетических уровней и возможных переходов оптических электронов [1]. Соответственно изменению ширины запрещенной полосы изменяются межуровневые энергетические переходы между стабильными и возмущенными уровнями активаторных центров свечения. При этом изменяются как вероятности актов возбуждения, так и величины энергий излучаемых квантов, которые поддаются расчетным оценкам. В настоящем сообщении предлагается способ расчетного построения спектра излучения люминофора (галофосфата кальция), для которого необходимо знание только положение максимумов излучения каждого из соактиваторов сурьмы и марганца и данных расчетных оценок ширины запрещенной полосы и межуровневых энергетических переходов электронов указанных центров излучения.

Теоретическая база построения  
расчетного спектра излучения

Ширина запрещенной полосы галофосфатного люминофора в бездефектной области  $E_0$  составляет 8 eV [2]. Ее изменение в области локализации дислокаций  $\delta E_d$  рассчитывается по известной формуле Ансельма, основанной на теории деформационного потенциала [2]:

$$\delta E_d = E_0 \pm E_1(\mathbf{b}/r) \cos \theta; \quad (1)$$

где  $(\mathbf{b}/r) \cos \theta$  - величина дилатации в области локализации дефекта,  $\mathbf{b}$  - вектор Бюргера дислокации, принимаемый равным параметру решетки галофосфатного люминофора  $1 \cdot 10^{-9}$  м,  $r$  - расстояние до места в решетке, где оценивается величина  $\delta E_d$ ,  $\theta$  - величина угла между положительным направлением экстраплоскости дислокации и направлением радиус-вектора в точку расчета  $\delta E_d$ . Величина  $E_1$  по Ансельму характеризуется, как энергия взаимодействия электрона с колебаниями решетки и имеет вид:

$$E_1 = (\hbar^2/4\pi^2)/(3ma^2); \quad (2)$$

В (2)  $\hbar$  - постоянная Планка,  $m$  - масса электрона,  $a$  - по Ансельму уже величина параметра кристаллической решетки. В отношении последней величины мы посчитали верным уточнение следующего порядка. Поскольку  $E_1$  определяет взаимодействие электрона с колебаниями решетки, то верным будет в (2) представлять не параметр решетки, а величину средней амплитуды колебаний  $L$ , поскольку только амплитуда колебаний определяет энергию колебаний. По результатам сравнения зависимости от расстояния до дефекта величины  $\delta E_d$  и величины напряжения от дислокации  $\sigma$ , можно показать, что средняя амплитуда колебаний для данного люминофора может быть принята равной  $L = 0,001a$ .

Методика построения  
теоретического спектра излучения

Поскольку составляющие сурьмяная и марганцевая полосы уширенного экспериментально измеренного спектра симметричны относительно максимумов излучения, можно принять распределение интенсивности в них соответствующим функции Гаусса. Энергия кванта излучения связана с длиной волны соотношением:

$$\hbar\nu = \hbar c/\lambda; \quad (3)$$

где  $\nu$  - частота световых колебаний,  $c$  - скорость света. От положения длины волны  $\lambda_0$  каждого из соактиваторов сурьмы и марганца влево и вправо на расстояние  $\delta\lambda_i = 10$  нм последовательно находим величины новых квантов  $(\hbar\nu)_i = (\hbar\nu)_0 \pm (\delta\hbar\nu)_i$ , где  $(\hbar\nu)_0$  - величина кванта, соответствующая положению максимума излучения  $\lambda_0$ . В связи с тем, что длина волны при этом изменяется, каждая следующая величина  $(\hbar\nu)_i$  будет все больше изменяться на каждое новое значение  $(\delta\hbar\nu)_i$  по отношению к значению  $(\hbar\nu)_0$  и будет равна каждому новому измененному значению межуровневого расстояния между энергиями стабильного и возмущенного уровней соактиваторов  $Sb$  и  $Mn$ . Эти новые межуровневые расстояния увеличиваются (уменьшаются) пропорционально изменению

ширины запрещенной полосы по выражению (1), поэтому легко поддаются количественной оценке. Но с изменением межуровневого расстояния и все большим изменением расстояния между возмущенным и стабильным уровнями при постоянной величине кванта возбуждающего ультрафиолетового излучения резко снижается вероятность осуществления актов возбуждения центров свечения  $p_i$ , поскольку кванту ультрафиолета все труднее «доставать» удаляющийся верхний уровень энергии, или все легче «перебрасываться» в зону проводимости. По аналогии с другими энергоактивируемыми процессами [4] (диффузией, испарением и пр.) для величины вероятности свершения актов возбуждения и излучения  $p_i$  можно записать:

$$p_i = \exp(-(\hbar\nu)_i^2 / (\hbar\nu)_0^2); \quad (4)$$

Величину относительной интенсивности излучения определим через произведение числа переходов на вероятность излучательной рекомбинации:

$$J_{\text{отн}} = C \cdot (\hbar\nu)_0 \cdot \exp(-(\hbar\nu)_i^2 / (\hbar\nu)_0^2); \quad (5)$$

где  $C$  - концентрация каждого из соактиваторов в процентах.

#### Обсуждение результатов расчетных оценок

Сопоставление экспериментально полученной с помощью спектроскопических измерений [2] и расчетным путем построенной с использованием уточненной формулы Ансельма спектральных полос излучения галофосфатного люминофора с активаторными центрами свечения **Sb** и **Mn** позволяет высказать следующие замечания.

Предлагаемая методика позволяет получать принципиальную возможность расчетного построения спектра излучения при условии надежных данных относительно концентрации активаторов и аналитической формы распределения интенсивности линий спектра. На начальном этапе этих исследований не следует ожидать точного совпадения экспериментальной и расчетной полос излучения люминесценции. Расчетный спектр может оказаться существенно более измененным по отношению к экспериментальному и это возможно по нескольким причинам. Пока невозможно учесть все факторы, которые влияют на параметры спектров и, прежде всего, на соотношение максимумов излучения соактиваторов сурьмы и марганца. По данным работы Гугеля [2] на спектр излучения оказывает существенное влияние не только соотношение концентраций соактиваторов **Sb** и **Mn**, но и соотношение входящих в химическую формулу люминофора ионов галогенов фтора и хлора и даже примесных фаз. Кроме того, на форму расширенного спектра существенное влияние оказывает плотность дислокаций и характер их распределения в решетке люминофора. Возможны и другие причины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитенко В.И., Осипьян Ю.А. Влияние дислокаций на оптические, электрические и магнитные свойства кристаллов. Проблемы современной кристаллографии. «Наука». 1975.- С. 239-261.
2. Гугель Б.М. Люминофоры для электровакуумной промышленности. М.: «Энергия», 1967.- 344 с.
3. Ансельм А.П. Введение в теорию полупроводников. М.: Мир. 1972. -386с.

4. Герцрикен С.Д., Дехтяр И.Я. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе. М.: «Физматгиз».- 1960.- 564 с.

#### ОБ ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВИРТУАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Мордюк В.С., Горюнов В.А., Золотков В.Д.,  
Тихонова Н.П., Маскинсков Д.В.  
*Мордовский госуниверситет,  
Саранск*

Бытующие представления о люминофорах, как о диэлектриках, в которые «вкраплены» точечные дефекты (активаторы) с позиций современной теории дислокаций недостаточно точны. Дислокации в диэлектриках и полупроводниках являются шнурами проводимости [1], поэтому правильнее представлять себе структуру люминофора, как некую смесь трех объемов – проводящих объемов, локализующихся вокруг ядер дислокаций, идеальных диэлектриков на большом расстоянии от этих дефектов, и объемов с переходными свойствами от диэлектрика к проводнику, локализующихся в непосредственной близости вокруг дислокаций. Каждый из этих объемов обладает различной «активностью» с точки зрения интенсивности люминесценции. Отсюда следует вывод о вероятностном характере актов возбуждения активаторных центров и актов излучения ими видимого света, что сильно зависит от плотности дислокаций в решетке. Простые микроскопические рассуждения подсказывают, что часть налетающих фотонов ультрафиолета, сразу попадающие в области дислокационных проводящих ядер не способны осуществлять акты излучения видимого света. Еще в начале 19 века было замечено [2], что предельно размолотые люминофоры полностью теряют способность люминесцировать. Это объясняется только тем, что в этом случае плотность дислокаций настолько велика, что практически весь объем люминофоров превращается в проводник, в котором акты возбуждения и излучения света центрами свечения невозможны. Имеющиеся наблюдения [3,4] показывают, что с увеличением степени размолота и плотности дислокаций в люминофорах происходит уменьшение интенсивности люминесценции и снижение световой отдачи люминесцентных ламп. Из этих рассуждений следует простой вывод о том, что для увеличения эффективности люминофоров необходимы исследования и разработки по дальнейшему снижению плотности дислокаций в кристаллической решетке. Пока отсутствуют реальные разработки по значительному уменьшению плотности этих дефектов в порошковых люминофорах, в настоящем изложении кратко описываются результаты виртуального эксперимента по перестройке реального расширенного спектра люминесценции при условии полного отсутствия в люминофоре проводящих дислокационных линий. В области локализации дислокаций происходит изменение ширины запрещенной полосы и энергетических расстояний между стабильными и возмущенными электронными уровнями активаторов [5].