

Ф. И. ВЕРГУНАС и Ф. Ф. ГАВРИЛОВ

ЗАВИСИМОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНОГО КВАНТОВОГО ВЫХОДА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ZnO ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 5 I 1948)

Введение. Данное исследование ставило своей задачей определение зависимости выхода спонтанного послесвечения ZnO от длины волны возбуждения. Постановка работы была вызвана тем, что характер этой зависимости для большинства кристаллофосфоров достаточно надежно еще не установлен. Это объясняется, с одной стороны, трудностью измерения поглощения в порошках (обычное состояние кристаллофосфоров), с другой, наличием у большинства фосфоров этого типа длительного послесвечения, которое может быть источником ошибок при измерении выхода спонтанного послесвечения.

Окись цинка была выбрана из тех соображений, что она, согласно литературным данным ⁽¹⁾ и по нашим наблюдениям, не обладает фосфоресценцией и, кроме того, легко получается в виде тонких полупрозрачных пленок, для которых возможно измерение поглощения по ослаблению проходящего света, а не методом рассеяния, обычно применяемым при исследовании порошков. Таким образом, мы остановили свой выбор на ZnO потому, что для нее, по нашему мнению, можно было более точно, чем для других кристаллофосфоров, получить интересующую нас зависимость.

Экспериментальная часть. Квантовый выход есть произведение энергетического выхода на отношение длин волн излучаемого и поглощаемого света. Энергетический же выход можно определить как частное от деления энергии излучаемой на энергию поглощаемую. Таким образом, для определения характера зависимости выхода от длины волны необходимо знание законов поглощения и изменения спектрального состава излучения с длиной волны возбуждения. С целью исследования этих вопросов были поставлены специальные опыты.

Поглощение определялось для пленок ZnO толщиной 10^{-4} — 10^{-5} см по ослаблению проходящего через них света ⁽²⁾. Было показано, что в пленках такой толщины имеет место полное поглощение длин волн, более коротких, чем 385 мμ. Очевидно, это положение остается в силе и для слоев большей толщины.

Спектры свечения изучались на тех же образцах окиси цинка, для которых определялся и квантовый выход. На рис. 1 приведены полученные результаты. Видно, что спектральное распределение люминесценции не зависит от длины волны возбуждающего света, по крайней мере для трех длин волн: 365, 312 и 254 мμ.

Выход люминесценции определялся для кальбаумской окиси цинка. Образцы, на которых проводились измерения, представляли слой

мелкокристаллического порошка толщиной $3 \cdot 10^{-3}$ г/см², ссаженного из спирта на покровные стекла. Образцы такой толщины полностью поглощали возбуждающий ультрафиолет, практически не ослабляя интенсивности проходящей через них люминесценции. Лампа ПРК-4 (а) (рис. 2) с известным спектральным распределением излучения служила источником возбуждения. Монохроматизация ее света осуществлялась спектрографом *b*, в фокальной плоскости которого располагалось покровное стекло *c* со слоем окиси, обращенным в сторону возбуждающего света.

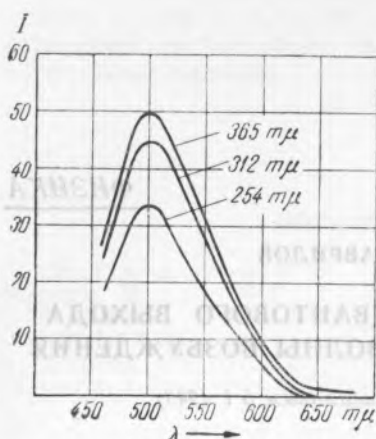


Рис. 1. Спектры люминесценции ZnO, возбуждаемой различными длинами волн

На поверхности образца получалось действительное изображение ртутного спектра в виде узких люминесцирующих полос, яркость которых измерялась фотометром Пульфриха *d*. Последний с помощью микрометрического винта *e* устанавливался так, чтобы фотометрируемая полоса была в центре поля зрения объектива. На покровное стекло наклеивался черный экран *f* с узкой щелью, пропускающей излучение только одной полосы. При перемещении образца его место, расположенное под щелью, возбуждалось разными длинами волн. Таким образом, в поле зрения фотометра по очереди попадало излучение одного и того же места фосфора, возбуждаемое разными спектральными линиями. Поля фотометра уравнивались изменением светового потока эталона (электрическая лампа с системой светофильтров).

Возбуждалась люминесценция областью ртутного спектра 365—254 мμ. В силу того, что этим длинам волн соответствовало полное поглощение, энергетический выход определялся как отношение интенсивности излучения к энергии падающего на фосфор возбуждения. За относительный квантовый выход принималось отношение энергетического к длине волны возбуждения. На рис. 3 приведены полученные результаты. Видно, что относительный квантовый выход люминесценции ZnO в области длин волн 365—254 мμ остается постоянным.

Этот результат аналогичен полученному С. И. Вавиловым ⁽³⁾ и его школой при измерении выхода люминесценции растворов ⁽⁴⁾. Обсуждение результатов. Люминесценцию окиси цинка, согласно измерениям ее электрических и оптических свойств, мы считаем возможным приписать переходам электронов локальных уровней атомов избыточного цинка в основную зону. С точки зрения таких представлений, полученная независимость выхода от λ кажется естественной, так как вероятность рекомбинации электронов с дырками вряд ли может зависеть от длины волны света, вызывающего появление по-

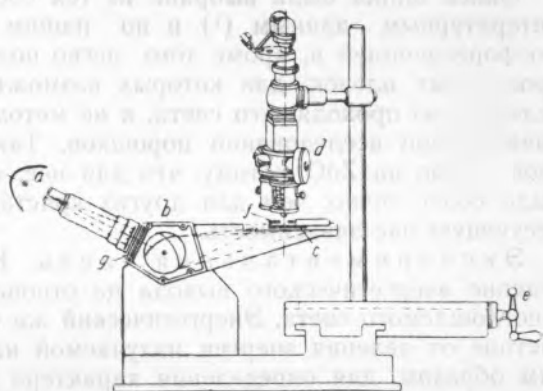


Рис. 2

Этот результат аналогичен полученному С. И. Вавиловым ⁽³⁾ и его школой при измерении выхода люминесценции растворов ⁽⁴⁾. Обсуждение результатов. Люминесценцию окиси цинка, согласно измерениям ее электрических и оптических свойств, мы считаем возможным приписать переходам электронов локальных уровней атомов избыточного цинка в основную зону. С точки зрения таких представлений, полученная независимость выхода от λ кажется естественной, так как вероятность рекомбинации электронов с дырками вряд ли может зависеть от длины волны света, вызывающего появление по-

Этот результат аналогичен полученному С. И. Вавиловым ⁽³⁾ и его школой при измерении выхода люминесценции растворов ⁽⁴⁾.

Обсуждение результатов. Люминесценцию окиси цинка, согласно измерениям ее электрических и оптических свойств, мы считаем возможным приписать переходам электронов локальных уровней атомов избыточного цинка в основную зону. С точки зрения таких представлений, полученная независимость выхода от λ кажется естественной, так как вероятность рекомбинации электронов с дырками вряд ли может зависеть от длины волны света, вызывающего появление по-

следних. Несмотря на это, мы считали необходимым постановку опытов, доказывающих независимость выхода от интенсивности возбуждения для того диапазона интенсивностей, с которым мы имели дело в условиях опыта.

Дело в том, что выход люминесценции ZnO , оставаясь постоянной величиной при больших интенсивностях возбуждения, начинает падать при малых ⁽⁵⁾. Чтобы показать, что при возбуждении ZnO линиями ртутного спектра разной энергии (самая яркая из них 365 $m\mu$ была в 11 раз интенсивнее самой слабой 330 $m\mu$) выход еще не зависел от интенсивности возбуждения, была установлена связь между яркостью люминесценции I , возбуждаемой волнами 365 и 254 $m\mu$, и энергией возбуждения E . За начальные интенсивности были приняты те, с которыми мы имели дело при определении спектральной зависимости выхода. Ослаблялось возбуждение сетками g (рис. 2), помещаемыми перед призмой спектрографа.

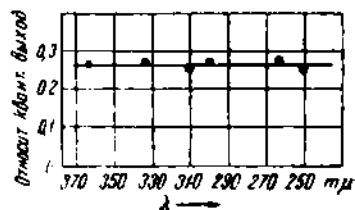


Рис. 3. Зависимость относительного квантового выхода люминесценции ZnO от длины волны возбуждения

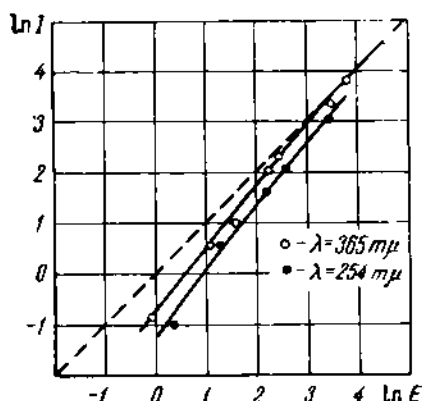


Рис. 4. Зависимость яркости люминесценции ZnO от интенсивности возбуждения

На рис. 4 приведены результаты измерений. Здесь пунктирной прямой соответствует линейная зависимость между I и E . Из рис. 4 следует, что при ослаблении интенсивности линии 365 $m\mu$ в 10 раз еще сохраняется линейность между I и E (выход остается постоянным), при больших ослаблениях возбуждения выход начинает падать (интенсивность люминесценции уменьшается быстрее, чем пропорционально интенсивности возбуждения). Характер зависимости I от E одинаков для обеих длин волн (кривые параллельны).

Выше указывалось, что интенсивность самой слабой возбуждающей линии составляла 9% от энергии линии 365 $m\mu$; из рис. 4 следует, что даже для нее выход еще не зависит от интенсивности возбуждения. Для более ярких линий это справедливо еще в большей степени. Таким образом, прямая, приведенная нами на рис. 3, соответствует истинной зависимости относительного квантового выхода от длины волны возбуждения.

Сибирский физико-технический институт
при Томском государственном университете
им. В. В. Куйбышева

Поступило
5 I 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Риль, Люминесценция, 1946. ² Ф. И. Вергунас и Ф. Ф. Гаврилов, Труды СФТИ, в. 24, 181 (1947). ³ S. I. Wawilow, Z. f. Phys., 42, 311 (1927). ⁴ С. С. Соломин, ДАН, 31, № 8 (1941). ⁵ Ф. И. Вергунас и Ф. Ф. Гаврилов, Труды СФТИ, в. 24, 177 (1947).