

А. АЙДЛА

## СПЕКТРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ ФОТОПРОВОДИМОСТИ И ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КРИСТАЛЛОВ СУЛЬФИДА КАДМИЯ

A. AIDLA. KAADMIIUMSULFIIDI KRISTALLIDE FOTOJUHTIVUSE JA LUMINESTSENTSI  
ERGUTUSSPEKTRID

A. AIDLA. PHOTOCONDUCTIVITY AND LUMINESCENCE EXCITATION SPECTRA OF CADMIUM  
SULPHIDE CRYSTALS

В работах М. Шейнкмана с сотрудниками [1, 2] показано, что зеленая, оранжеват и красная фотолюминесценции монокристаллов сульфида кадмия обусловлены захватом свободных электронов на соответствующие центры рекомбинации. Так как сульфид кадмия обладает электронной проводимостью, то следует ожидать тесной связи между спектрами возбуждения фотопроводимости (ФП) и люминесценции. В данной работе проведено совместное исследование этих спектров при 77° К и комнатной температуре (295° К). Изучена также зависимость ФП и люминесценции от интенсивности возбуждающего света.

Исследовались преднамеренно неактивированные (партии 209 и 212) и активированные серебром (партии 236 и 243) монокристаллы сульфида кадмия. При возбуждении ртутной линией 365 нм кристаллы из партий 209, 212 и 236 при 77° К имели интенсивное зеленое краевое излучение. У кристаллов 243 оно было относительно слабым. Кристаллы 212, кроме того, имели полосу излучения в оранжевой, а кристаллы 236 и 243 — широкую бесструктурную (но не элементарную) полосу излучения в оранжевой и красной областях спектра. При комнатной температуре кристаллы 236 и 243 обладали красной полосой люминесценции, а кристаллы 209 и 212 в видимой области спектра не люминесцировали. Спектры возбуждения ФП и люминесценции измерялись обычным методом.

На рис. 1 приведены измеренные при 77° К, а на рис. 2 — при 295° К спектры возбуждения ФП и отдельных полос люминесценции. Нумерация кристаллов двойная: первый номер обозначает выращенную партию, второй — номер кристалла в данной партии.

ФП и люминесценция при возбуждении в области максимума спектра возбуждения изменяются пропорционально интенсивности возбуждающего света в степени  $\alpha$ . Значения  $\alpha$  для ФП и различных полос люминесценции приведены в таблице.

Из рисунка видно, что спектры возбуждения люминесценции аналогично спектрам ФП имеют максимум вблизи края основного поглощения. По аналогии с ФП появление этого максимума можно объяснить большей ролью поверхности и поверхностного слоя при возбуждении в глубине полосы основного поглощения по сравнению с возбуждением на краю этой полосы. В первом случае возбуждается тонкий приповерхност-

| Кристалл | Т, °К | Фотопроводимость | а  |      |      |      |
|----------|-------|------------------|--|------|------|------|
|          |       |                  | Люминесценция при разных $\lambda_{\text{люм}}$ , нм |      |      |      |
|          |       |                  | 520  | 570  | 620  | 700  |
| 209-1    | 77    | 0,7              | 1,34   |      |      |      |
| 212-2    | 77    | 0,89             | 1,55   |      | 0,99 |      |
| 236-1    | 77    | 0,8              | 1,3  |      | 0,99 | 0,92 |
| 243-2    | 77    | 0,75             |  | 1,03 | 1,0  | 1,0  |
| 236-1    | 295   | 0,89             |  |      |      | 1,45 |
| 243-2    | 295   | 0,8              |  |      |      | 1,4  |

ный слой кристалла, где для наших кристаллов время жизни носителей меньше по сравнению со временем жизни в объеме кристалла. Во втором случае возбуждение имеет более объемный характер. Следует подчеркнуть, что наличие максимума в спектре возбуждения люминесценции указывает на то, что центры, ответственные за уменьшение времени жизни носителей тока в приповерхностном слое, не дают излучения в видимой области спектра.

Из рис. 1, а, б, в видно, что при 77° К максимумы в спектрах возбуждения ФП, оранжевой и красной люминесценции расположены в более длинноволновой области спектра по сравнению с соответствующим максимумом зеленой люминесценции. Спектры возбуждения ФП, оранжевой и красной люминесценции (рис. 1, б, в) различаются в меньшей степени. При 295° К максимум спектра возбуждения ФП лежит в более длинноволновой области по сравнению с максимумом спектра возбуждения красной люминесценции (рис. 2). Следует отметить, что с уменьшением коэффициента поглощения на краю основной полосы увеличивается тот объем кристалла, в котором поглощается возбуждающий свет, и соответственно уменьшается плотность возбуждения. Приведенные в таблице результаты показывают, что зависимость ФП и различных полос люминесценции от интенсивности (плотности) возбуждения различна. При сверхлинейной ( $\alpha > 1$ ) зависимости (зеленая полоса при

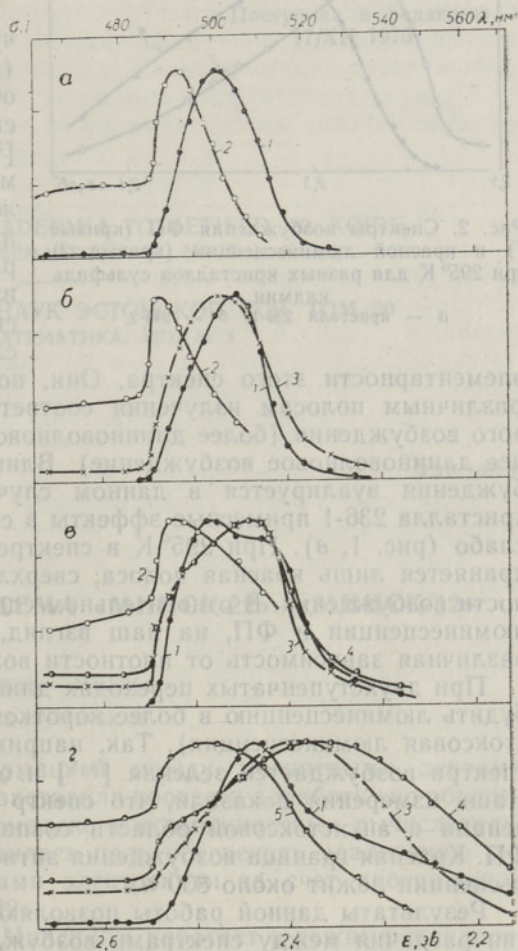


Рис. 1. Спектры возбуждения ФП (кривые 1) и люминесценции (кривые 2; 3; 4 и 5 при  $\lambda = 520; 620; 700$  и  $570$  нм соответственно) при 77° К для различных кристаллов сульфида кадмия.

а — кристалл 209-1; б — 212-2; в — 236-1; г — 243-2.

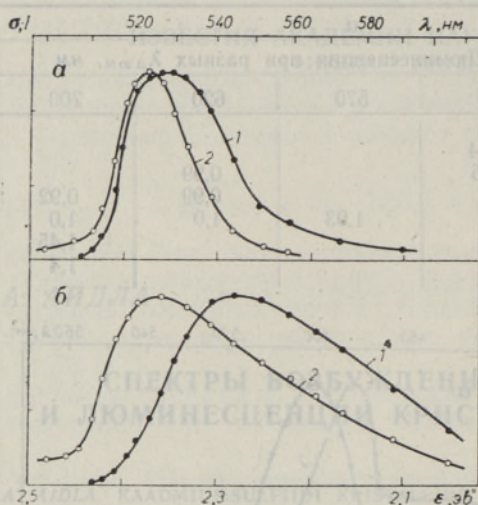


Рис. 2. Спектры возбуждения ФП (кривые 1) и красной люминесценции (кривые 2) при 295° К для разных кристаллов сульфида кадмия.

а — кристалл 236-1; б — 243-2.

элементарности этого спектра. Они, по-видимому, связаны с тем, что различным полосам излучения соответствуют разные полосы примесного возбуждения (более длинноволновому излучению соответствует более длинноволновое возбуждение). Влияние  $\alpha$  на положение полос возбуждения вуалируется в данном случае примесными эффектами. У кристалла 236-1 примесные эффекты в спектрах возбуждения выражены слабо (рис. 1, в). При 295° К в спектре излучения кристалла 243-2 сохраняется лишь красная полоса, сверхлинейно зависящая от интенсивности возбуждения. В относительном сдвиге полос возбуждения красной люминесценции и ФП, на наш взгляд, существенную роль играет их различная зависимость от плотности возбуждения.

При двухступенчатых переходах длинноволновым светом можно возбудить люминесценцию в более коротковолновой полосе (так наз. антистоксовая люминесценция). Так, например, светом из красной области спектра возбуждается зеленая [4, 5] и оранжевая [6, 7] люминесценция. Наши измерения показали, что спектр возбуждения зеленой люминесценции в антистоксовой области совпадает со спектром возбуждения ФП. Красная граница возбуждения антистоксовой зеленой полосы люминесценции лежит около 830 нм.

Результаты данной работы позволяют заключить, что одной из причин различия между спектрами возбуждения ФП и разными полосами люминесценции вблизи края основного поглощения является их различная зависимость от интенсивности возбуждающего света. Различие спектров возбуждения люминесценции в более длинноволновой области спектра связано с поглощением света примесными центрами.

Автор выражает искреннюю благодарность Я. Кирсу за ценные замечания при обсуждении результатов.

77° К и красная при 295° К) с уменьшением плотности возбуждения люминесценция уменьшается быстрее, чем при линейной (оранжевая и красная полосы при 77° К) и сублинейной ( $\alpha < 1$ ) (ФП) зависимостях. Это обстоятельство, по-видимому, является причиной сдвига максимумов соответствующих спектров возбуждения относительно друг друга.

Сравнительно высокая фоточувствительность кристалла 243-2 (рис. 1 и 2) в длинноволновой области, по всей вероятности, связана с примесью серебра (см. [3]). Из рис. 1, г видно, что люминесценция кристалла 243-2 также возбуждается в примесной области спектра. Различия в спектрах возбуждения люминесценции, измеренных для разных областей спектра излучения, в случае последнего кристалла говорят о не-

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ермолович И. Б., Любченко А. В., Шейнкман М. К., ФТП, 2, 1639 (1968).
2. Шейнкман М. К., Ермолович И. Б., Беленький Г. Л., ФТТ, 10, 2628 (1968).
3. Bube R. H., Lind E. L., Dreeben A. V., Phys. Rev., 128, 532 (1962).
4. Halsied R. E., Apple E. F., Grener J. S., Phys. Rev. Letters, 2, 420 (1959).
5. Гугель Б. М., Орановская Т. В., Харитоновна Н. А., Веклич Н. Н., Опт. и спектр., 26, 252 (1969).
6. Айдла А., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 20 (1971) (в печати).
7. Brown M. R., Cox A. F. J., Shand W. A., Thomas H., Williams J. M., J. Luminescence, 1/2, 78 (1970).

Институт физики и астрономии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
17/XII 1970

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 20. KÕIDE  
FÜÜSIKA \* МАТЕМААТИКА. 1971, NR. 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 20  
ФИЗИКА \* МАТЕМАТИКА. 1971, № 3

УДК 681.32

А. РЕЙТСАКАС

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА «МИНСК-22»—«МИНСК-32»

A. REITSAKAS. ARVUTUSSÜSTEEM «MINSK-22»—«MINSK-32»

A. REITSAKAS. CUMPUTER SYSTEM MINSK-22—MINSK-32

Необходимость обмена информацией между магнитными лентами ЭВМ «Минск-22» и «Минск-32» заставила провести доработку по объединению этих машин в единый комплекс с возможностями вычислительной системы [1]. При этом ставилась цель обеспечить реализацию системы с минимальными затратами электроники за счет программной обработки символов в «Минск-22».

Алгоритм связи. ЭВМ «Минск-22» работает в режиме стандартного внешнего устройства (ВНУ) «Минск-32» через устройство управления перфоратором (УВЛ), причем в определитель УВЛ\* добавляется триггер системы (Т22).

Нулевое состояние триггера Т22 является признаком обмена с перфоратором, а единичное состояние — с «Минск-22». На время обмена в оперативную память «Минск-22» должна быть введена программа обмена. Наличие рабочей программы и счета по ней допускается только

\* При описании системы будем придерживаться обозначений технических описаний «Минск-2» и «Минск-32».

при условии, что эти программы не перекрываются по памяти. Управление программой обмена в «Минск-22» происходит через схему прерывания. Поведение же всей системы зависит от программ обмена обеих машин и содержимого двух информационных слов, которые в начале обмена всегда передаются из центральной (в данный момент) машины в управляемую.

Запуск системы всегда происходит со стороны «Минск-32». В момент запуска импульсом ВНУ СВОБОДНО из схемы УВЛ «Минск-32» устанавливается в единицу триггер разрешения прерывания по второй причине (ТРП2) машины «Минск-22». Происходит прерывание через ячейку памяти 0021 [2], в которой находится команда обращения к подпрограмме. Этой командой запускается программа обработки и устанавливается в единицу триггер блокировки прерывания (ТБЛПр), чем блокируется возможность нового прерывания.

Программа обработки производит обработку принятого (или формирование передаваемого) символа и запускает программу запросов:

$$\begin{aligned} K+1) & - 1000 M \quad 0000 \\ K+2) & - 0600 \quad 0002 \quad 0000 \\ K+3) & - 3000 K+3 \quad 0000 \end{aligned}$$

В этой программе сигнал пуска схемы запросов УВЛ вырабатывается командой разрешения прерывания по второй причине ( $K+2$ ), после чего программа запросов зацикливается в ожидании обмена. Символ выдается (или принимается) через разряды 15—22 регистра Р2 «Минск-22», а единица в 14-м разряде регистра Р2 в момент обмена является признаком выдачи информации из «Минск-22». При приеме информации содержимое ячейки «М» программы запросов должно равняться нулю.

В момент обмена импульс ПУСК2 из УВЛ поступает в «Минск-22» и сбрасывает ТБЛПр, снова разрешая прерывание и запуск программ обработки и запросов.

Данный цикл повторяется до поступления из «Минск-32» сигнала конца массива (КМ), чем вызывается прерывание по первой причине (сигнал КМ сбрасывает триггеры ТРП2 и ТБЛПр и устанавливает в единицу триггер разрешения прерывания по первой причине ТРП1). Прерыванием по первой причине запускается программа окончания, которая заканчивает обмен (например, записывает принятую из «Минск-32» информацию на магнитную ленту «Минск-22») и восстанавливает исходное состояние программ обмена. В заключение командой снятия блокировки ( $-36$ ) сбрасывается ТБЛПр, и выполнение рабочей программы продолжается до поступления нового обращения. Если же новое обращение (установка в единицу ТРП2) происходит во время работы программы окончания, то после снятия блокировки система запускается снова.

Схемная реализация системы. На рис. 1 показаны изменения, вносимые в УВЛ «Минск-32» и в ЦУ «Минск-22», а на рис. 2 — в АУ «Минск-22». Элементы «2Р» и «1Р» (рис. 1) находятся в шкафу УВЛ «Минск-32» (машинный номер 042), а элементы «ЦУ» находятся в шкафу центрального управления «Минск-22». Все элементы с буквенными порядковыми номерами являются новыми. Вычислительные машины соединены кабелем (25 м) из витых пар. На стороне «Минск-22» применяется стандартная (для внешних устройств «Минск-32») подрезка импульсных сигналов.

При выдаче определителя в УВЛ триггер системы Т22 устанавливается в единицу по А КШС. Для этого команда обращения к системе на языке ССК должна иметь вид: ВЖ МС;ЫЛ;042В.

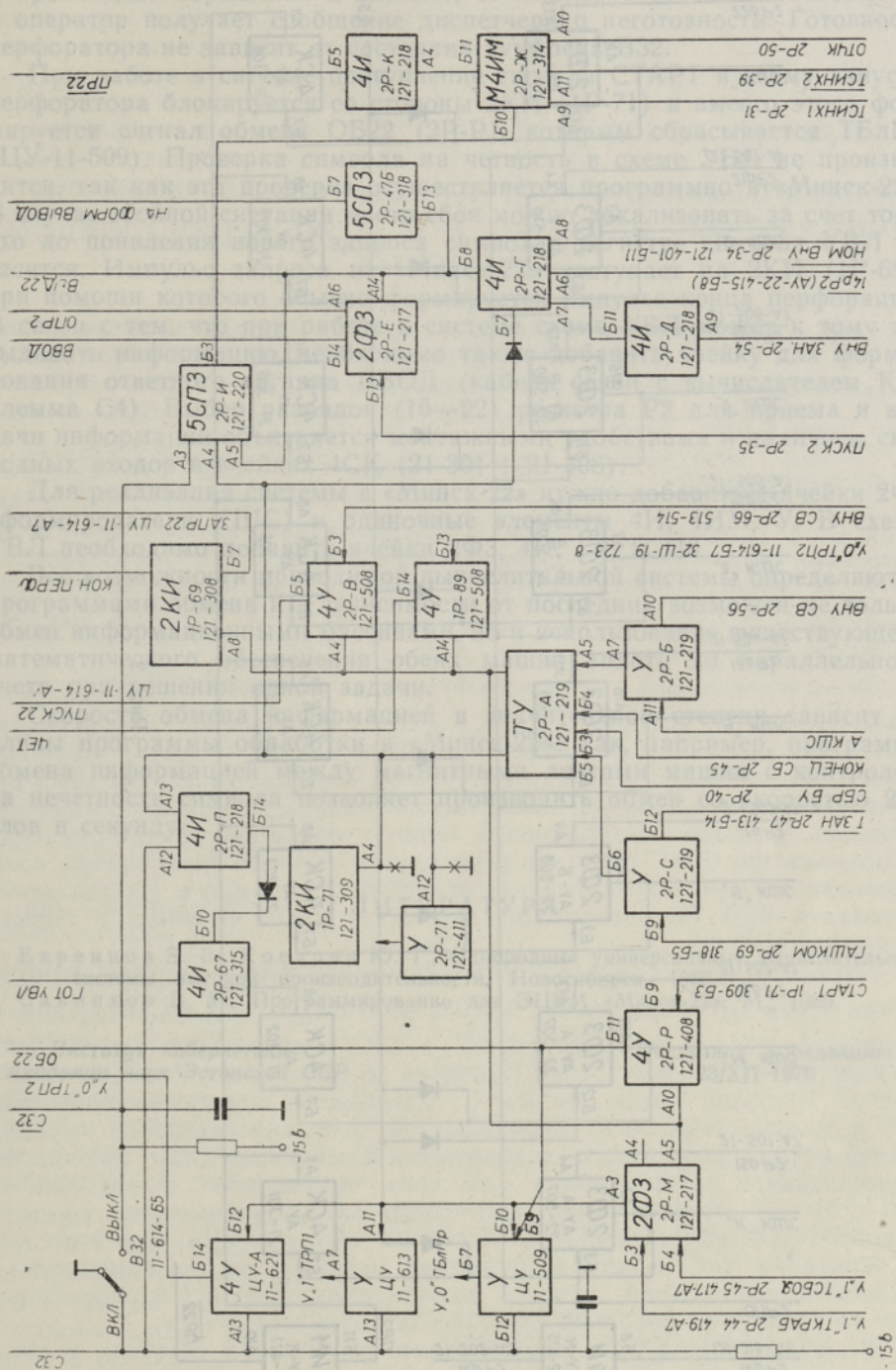


Рис. 1