

Действительный член Академии наук УССР В. Е. ЛАШКАРЕВ,  
В. С. МЕДВЕДЕВ, А. И. СКОПЕНКО, Г. А. ФЕДУРУС и М. К. ШЕЙНКМАН

### ФОТОСОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗ CdS-МОНОКРИСТАЛЛОВ И ИХ ФОТОАКТИВАЦИЯ

В 1950 г. на VII совещании по свойствам полупроводников <sup>(1)</sup> мы обратили внимание на то обстоятельство, что фотопроводимость CdS-монокристаллов активируется светом. Под фотоактивацией образца мы понимаем увеличение квантового выхода под действием света. Всего проще это явление обнаруживается следующим образом. Образец освещается П-импульсами столь малой длительности, что в пределах импульса фототок линейно нарастает со временем. В этом случае максимальное значение фототока к концу импульса пропорционально квантовому выходу  $\alpha$ . При добавлении к П-импульсам постоянной подсветки  $\alpha$  увеличивается, достигая насыщения. При слабых освещенностях в П-импульсе фототок может быть увеличен подсветкой в десятки и сотни раз. Было показано, что собственное время фотоактивации  $\tau_a$  у CdS может достигать секунды, т. е. в  $10^2$ — $10^3$  раз превышает время релаксации фотопроводимости, равное 5—15 мсек.

В настоящей работе было изучено спектральное распределение фотоактивации образцов фотосопротивлений из CdS-монокристаллов, изготовленных по новой технологии. Новая технология позволила не только получить во много раз более фоточувствительные и стабильные образцы, но и снизить время фотоактивации до долей секунды, сохранив, однако, все существенные черты явления.

В видимой области спектра опыты ставились при освещении образца от двух монохроматоров одновременно. Свет от одного из монохроматоров модулировался (П-импульсы длительностью 3 мсек. с промежутком темноты в 120 мсек.). Свет от другого монохроматора был постоянным во времени (подсветка). Высота импульсов фототока осциллографировалась. Фототок относился к единице падающей на образец энергии, измеряемой при помощи термостолбика. Дополнительным делением на длину волны можно было отнести фототок к одному падающему на образец кванту (в произвольных единицах). Фиксируя длину волны импульса ( $\lambda_n$ ) и изменяя длину волны подсветки ( $\lambda_p$ ), можно было оценить способность кристалла к фотоактивации светом различной длины волны. Наоборот, фиксируя  $\lambda_p$  и изменяя  $\lambda_n$ , можно было судить о спектральном распределении фоточувствительности активированного светом образца. На рис. 1 и 2 приведены результаты опыта.

Из рис. 1 видно, что падение чувствительности CdS в коротковолновой области спектра, наблюдаемое как при импульсном, так и при постоянном освещении, связано с малой фотоактивирующей способностью коротковолнового света.

Из рис. 2 видно, что подсветка оцувствляет образец особенно эффективно в коротковолновой области спектра.

Приведенные опыты позволяют сразу же опровергнуть распространенное мнение, что падение fotocувствительности в глубине полосы фундаментального поглощения (у CdS при  $\lambda < 0,5 \mu$ ) связано с «пересветкой» образца в том смысле, что коротковолновый свет, поглощаясь в очень тонком слое, создает весьма большую концентрацию свободных носителей и тем в сильной степени ускоряет процесс их рекомбинации. Если бы это было так, то подсветка могла

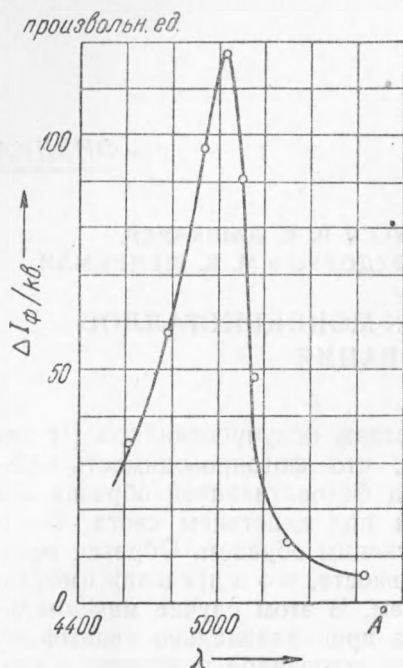


Рис. 1. Спектральное распределение прироста амплитуды фототока  $\Delta I_{\phi}$ , отнесенного к 1 кванту подсветки (в произвольных единицах);  $\lambda_{\Pi} = 505 \mu$

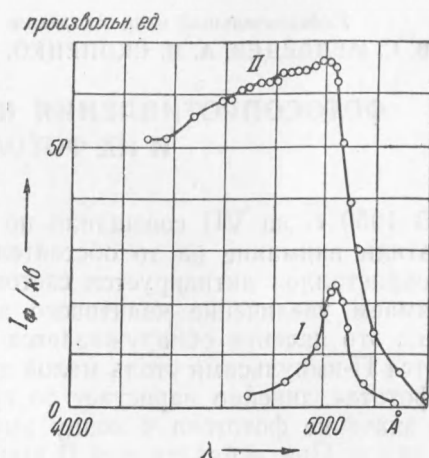


Рис. 2. Спектральное распределение амплитуды фототока в CdS: I — без подсветки, II — активированного постоянной подсветкой ( $\lambda_{\Pi} = 505 \mu$ ). Фототок отнесен к 1 кванту падающего света

бы только уменьшить чувствительность образца к импульсному освещению, а не увеличить ее в сотни и тысячи раз. Отметим еще, что проведенное нами измерение коэффициента отражения от CdS (до  $\lambda = 0,4 \mu$ ) показало, что в области фундаментального поглощения образец поглощает не менее 80% падающего на него света.

Наши опыты показали, что, принимая экситонную гипотезу (1, 2) поглощения света, приходится прийти к заключению, что сильно возбужденные экситоны, в отличие от слабо возбужденных, более склонны аннигилировать, чем активировать образец. Если бы переход эксигона из сильно возбужденного состояния в слабо возбужденное, и притом в точности такое, какое получается при поглощении более длинноволнового света, был бы неизбежным этапом жизни экситона перед его аннигиляцией, то коротковолновый свет, вероятно, в той же мере активировал бы образец, как и длинноволновый. Возможно, однако, что наблюдаемое явление как-то связано с близостью границы кристалла к месту зарождения экситона в случае сильно поглощаемого света.

Мы провели также исследование спектрального распределения чувствительности фотоактивированных надлежащей подсветкой монокристаллов CdS в ультрафиолетовой области спектра  $0,4 \div 0,21 \mu$ , используя кварцевый спектрограф КС-55 с модулятором.

Путем параллельного исследования люминесценции веществ, подчиняющихся закону Вавилова (минеральное масло, кристаллы антрацена), можно было определить в относительных единицах число квант,

падавших на CdS, а затем вычислить и спектральное распределение fotocувствительности образца.

Оказалось, что фототок на 1 квант в широких пределах почти не зависит от длины волны, что видно из рис. 3. О чувствительности фотоактивированных образцов к ультрафиолету можно судить хотя бы потому, что линия 238 м $\mu$  ртутной лампы (ПРК-4) на выходе кварцевого спектрографа КС-55, использованного как монохроматор, давала фотоэлектрический ответ, в 15 раз превосходящий фон. В интервале 238—400 м $\mu$  оказалось возможным разделить профотометрировать 34 линии ртутной лампы.

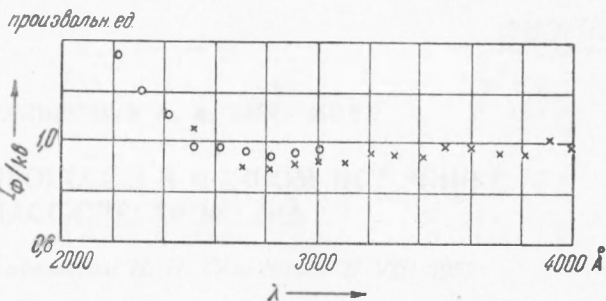


Рис. 3. Спектральное распределение амплитуды фототока в CdS (на 1 квант) в ультрафиолетовой области спектра. Кристалл активирован постоянной подсветкой видимым светом. Крестиками даны результаты, полученные с использованием минерального масла, кружками — антрацена

Описанные выше фотосопротивления из монокристаллов CdS характеризуются в видимом свете следующими свойствами. При использовании постоянного освещения лампой накаливания с цветовой температурой 2360° К мы получили следующие данные: интегральная чувствительность  $35 \div 50 \cdot 10^3$   $\mu\text{а/лм} \cdot \text{в}$ , линейная область люкс-амперной характеристики тянется до 100  $\mu\text{а}$  (при 100 в), темновое сопротивление  $10^{12}$  ом, отношение светового сопротивления к темновому  $10^6$ . Стабильность весьма высокая. Усталость незаметна ни в видимой, ни в ультрафиолетовой части спектра.

Недавно Б. Т. Коломиец<sup>(3)</sup> описал фотосопротивления из мелкокристаллического CdS. Однако «низкоомные» ( $3 \cdot 10^7$  ом) мелкокристаллические образцы более чем в 10 раз, а «высокоомные» ( $2 \cdot 10^{11}$  ом) более чем в 600 раз уступают по чувствительности вышеописанным фотосопротивлениям из монокристаллов CdS.

Мы можем сказать, что фотосопротивления из монокристаллов CdS являются пока единственными из известных фотосопротивлений, имеющими, кроме высокой чувствительности, спектральную характеристику практически горизонтальную (при пересчете на 1 квант) в области спектра 0,4 ÷ 0,21  $\mu$ .

Институт физики  
Академии наук УССР

Поступило  
5 VIII 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. Е. Лашкарев, Г. А. Федорус, Изв. АН СССР, сер. физ., 16, 81 (1952).  
<sup>2</sup> В. Е. Лашкарев, Сборн. памяти С. И. Вавилова, изд. АН СССР, 1952, стр. 324.  
<sup>3</sup> Б. Т. Коломиец, ДАН, 83, 561 (1952).