

РОЛЬ ЭКСИТОННЫХ СОСТОЯНИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ ФОТОТОКА В ГЕРМАНИИ

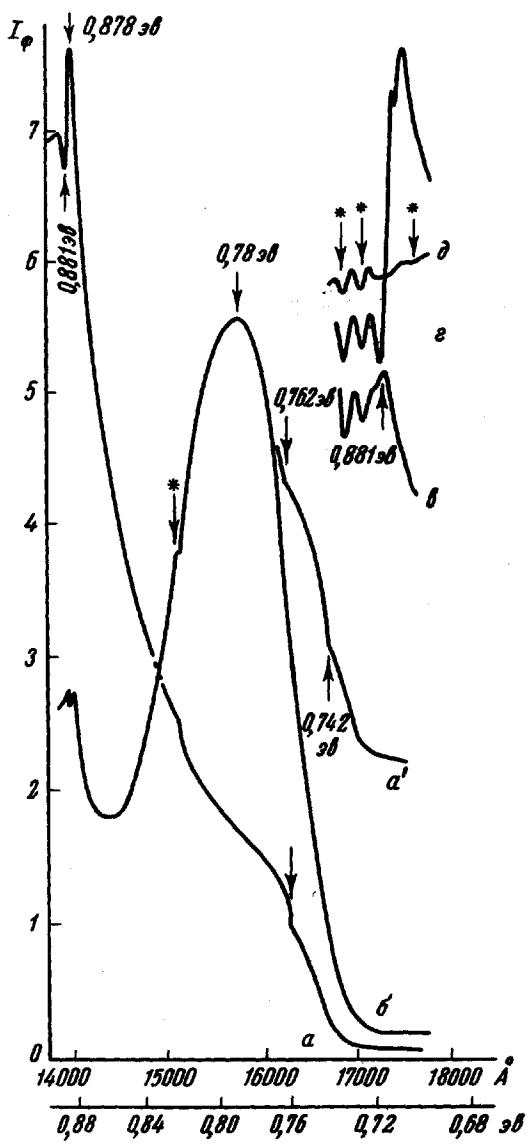
Б.В.Новиков, Е.Ф.Гросс, М.А.Дрыгин

Германий является одним из немногих полупроводниковых кристаллов, содержание примесей в котором может контролироваться с высокой степенью точности. В этой связи особый интерес представляют работы по экситонному поглощению света в этом кристалле. Впервые экситонное поглощение в германии при непрямых и прямых переходах было обнаружено и изучено Макферланом с сотрудниками [1]. Недавно Аснин, Рогачев и Рывкин [2] привлекли экситонные состояния для объяснения своеобразных явлений, наблюдаемых в фотопроводимости германия при низких температурах. Однако, мы полагаем, что прямым доказательством участия экситонов в создании свободных носителей тока могут явиться только спектральные исследования. Именно таким образом в работах Апкера и Тафта [3] была впервые экспериментально показана роль экситонов в явлении внешнего фотоэффекта. Нам известно только одно подобное исследование непрямых экситонных переходов в германии [1]. Продолжая начатый нами в 1956 г. цикл исследований роли экситонов в фотозелектрических явлениях, мы предприняли спектральные исследования фотопроводимости в монокристаллах чистого германия при 77°К на приборе с достаточно большой дисперсией.

Свободно укрепленные монокристаллы германия размером 5×2×2 мм с омическими контактами помещались непосредственно в дюар с жидким азотом. Полированные поверхности кристаллов травились перед опытом в перекиси водорода или в СР-4. Монохроматором служил МДР-2 с дисперсией 80 Å/мм. Фототок регистрировался на частоте 600 Гц с усилителем 28 ИМ и непрерывно записывался самописцем ЭПП-09. Скорость сканирования по спектру менялась в разных опытах от 10 до 1 Å/сек.

Полученные результаты приведены на рисунке. Кривая *a* представляет спектр фототока в германии сразу после травления образца в H_2O_2 . Аналогичные кривые получены для фотопроводимости и после травления кристаллов в СР-4. На кривой фототока четко видны ступеньки при энергиях 0,742 и 0,762 эВ (рис.1,*a'*), за которыми следует подъем фототока вплоть до 0,878 эВ, где наблюдается максимум. За-

тем фототок резко падает и образует узкий минимум при энергии $0,881 \text{ эв}$, точно соответствующий энергии свободного экситона (рис.1 *a, d*). Варьируя время травления и исследуя разные части и грани кристалла, можно наблюдать кривые, на которых максимальное значение фототока достигается именно в экситонной линии (рис.1, *e*). Ступеньки около $0,742$ и $0,762 \text{ эв}$, как известно из спектров поглощения, соответствуют непрямым межзонным и экситонным переходам.



a-c – спектральное распределение фототока в моно-кристаллах германия при 77°K , *d* – поглощение в атмосфере

Непродолжительное (10-30 мин) хранение травленого кристалла в атмосфере при комнатной температуре уменьшает фоточувствительность в коротковолновой части и вызывает образование максимума около

0,78 эв (рис.1,б). Длительное хранение в тех же условиях или полировка значительно уменьшают коротковолновую чувствительность и относительно увеличивают фототок в длинноволновом максимуме. Положение этого максимума в спектре не постоянно и зависит от состояния поверхности. Подобные явления хорошо известны для германия и объясняются в рамках увеличения скорости поверхностной рекомбинации носителей [4]. Особенностью полученной в работе кривой является наличие второго подъема фототока в области прямых экситонных переходов (0,88 эв). Его происхождение (при монотонном росте коэффициента поглощения) может быть объяснено существованием двух различных механизмов фототока в этих спектральных областях (длина диффузии, квантовый выход). Эти вопросы рассмотрены в [5].

Таким образом, в наших опытах обнаружена тонкая структура в спектре возбуждения фотопроводимости германия. Ранее такая структура была известна в этом кристалле лишь для поглощения. Эти опыты прямо показывают, что экситон действительно принимает участие в создании носителей тока, а его вклад в фототок определяется, в первую очередь, состоянием поверхности кристалла. Как показано нами ранее, состояние поверхности является определяющим в фотоэлектрическом проявлении экситонов и в других кристаллах [6]. Именно на поверхности расположены центры, с которыми взаимодействует экситон в процессе создания фототока при своей диффузии из глубины кристалла. Изучение зависимости величины фототока от коэффициента поглощения позволяет оценить длину диффузии экситонов, которая в наших опытах для германия оказалась равной $\sim 1 \text{ мкм}$.

Авторы благодарны проф. В.П.Жузе за предоставление образцов чистого германия и Г.П.Щербакову за содействие в приготовлении омических контактов.

Ленинградский
государственный университет
им.А.А.Жданова

Поступило в редакцию
2 мая 1968 г.

Литература

- [1] G.G.Macfarlane, T.P.McLean, I.E.Quarrington, V.Roberts. Phys. Rev.,
108, 1137, 1957.

- [2] Б.М.Аснин, А.А.Рогачев, С.М.Рывкин. ФТП, 1, 1740, 1967.
- [3] L.Apker, E.Taft. Phys. Rev., 79, 964, 1950; 81, 698, 1951.
- [4] H.B.De Vore. Phys. Rev., 102, № 1, 1956; Tang Ting-Yuan, Kao-Kuo-Yu. Festkörperphysik und Physik der Leuchtstoffe, 1958, S62; В.А.Петрусович. Сб. Физика твердого тела, 1, 56, 1959.
- [5] E.F.Gross, J.Kh.Akopian, F.I.Kreingold, B.V.Novikov, R.A.Titov, R.I.Shekhametiev, Proc. 7, Int. Conf., Paris 1964; Р.А.Титов. ФТП, 1, 217, 1967.
- [6] E.F.Gross, B.V.Novikov. J.Phys. Chem. Sol., 22, 87, 1961; R.V.Grigoriev, B.V.Novikov, A.E.Cherednichenko. Phys. Stat. Sol. (in press).