

СВОЙСТВА ТЕЛЛУРИДА КАДМИИ, ЛЕГИРОВАННОГО ХРОМОМ

Ю. В. Клевцов, В. М. Сальман, В. А. Чапнин

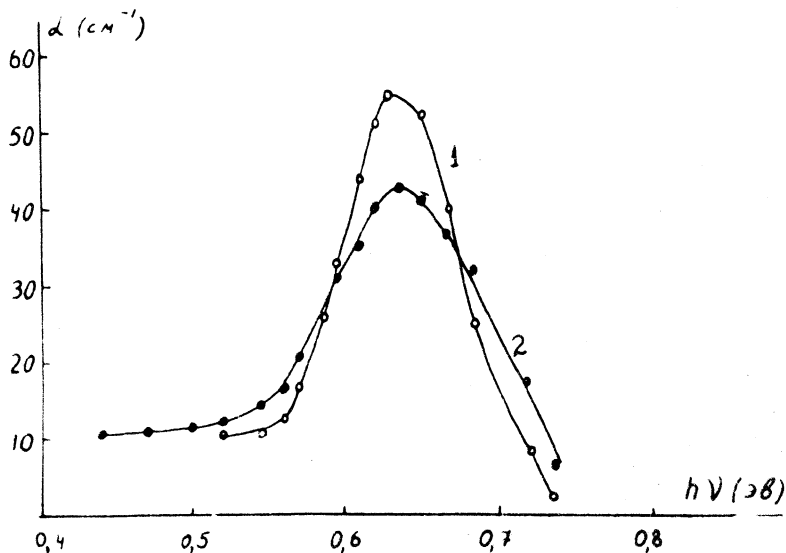
В работе проведено исследование электрических свойств, инфракрасного поглощения, электропоглощения и фотопроводимости теллурида кадмия, легированного хромом. Изучение поведения Cr в CdTe представляет интерес, поскольку хром может находиться как неконтролируемая примесь в концентрациях $\sim 10^{17} \text{ см}^{-3}$, а растворимость хрома в CdTe может достигать 10^{20} см^{-3} .

Относительно влияния Cr на полупроводниковые свойства CdTe имеются противоречивые данные. Так в работе /1/ предполагается, что атомы хрома в CdTe являются акцепторами, могут находиться в состоянии Cr^+ и дают локальный уровень, лежащий в интервале от дна зоны проводимости до уровня $E_c - 0,6 \text{ эВ}$. В то же время в других соединениях $\text{A}^{\text{II}}\text{B}^{\text{VI}}$ хром находится в состоянии Cr^{2+} /2,3/ и является электрически неактивным. Однако прямых доказательств этого не приводится.

В данной работе легирование материала проводилось путем диффузии по методике, описанной в /4/. Часть материала была легирована при выращивании CdTe из расплава-раствора в Te. Полученные образцы содержали Cr в концентрации $2 \cdot 10^{17} - 2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, которая была определена химическим анализом. Концентрация электронов и дырок в образцах изменялась от 10^{10} см^{-3} до 10^{13} см^{-3} , при этом уровень Ферми находился в области от $E_v + 0,3 \text{ эВ}$ до $E_c - 0,3 \text{ эВ}$.

Концентрация свободных носителей в образцах была существенно меньше концентрации Cr. Поэтому можно сделать вывод, что хром не является мелким донором или акцептором в CdTe. На основе данных электрических измерений можно предположить, что атомы хрома дают глубокий уровень в запрещенной зоне. В этом случае возможны переходы носителей заряда между уровнем

и разрешенными зонами. Известно, что в полупроводниках сечение фотопоглощения, связанного с центрами, дает глубокие уровни, составляет $\sim 10^{-17}$ см². Следовательно, в наших образцах наличие

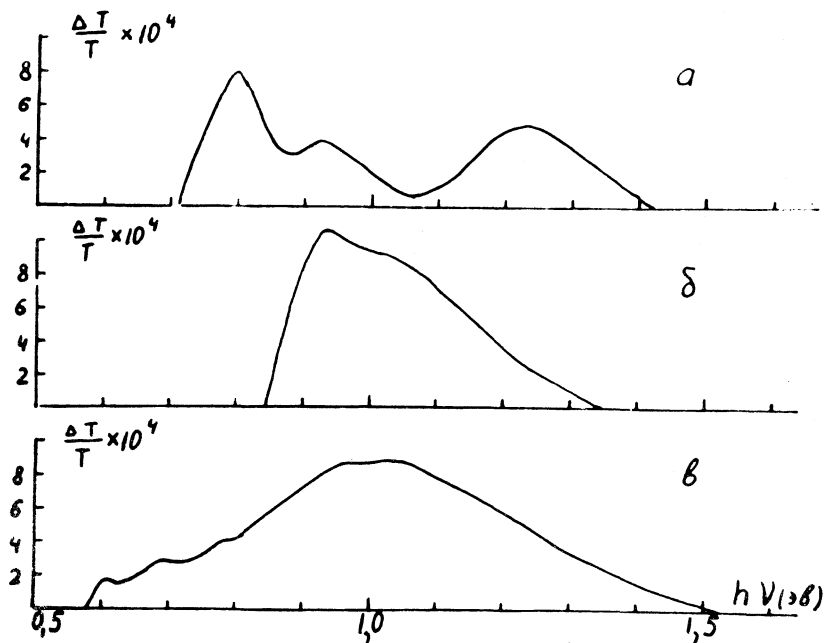


Р и с. 1. Спектры поглощения CdTe:Cr . 1 - 80°K; 2 - 300°K.

в запрещенной зоне локальных уровней атомов хрома можно установить путем измерения поглощения.

Действительно, во всех измеренных образцах в области 0,6 эв обнаружена сильная полоса поглощения (рис. 1). Если поглощение обусловлено наличием локального уровня атомов хрома, то согласно работе Луковского /5/ максимум поглощения лежит при энергиях фотонов $\varepsilon_i \leq h\nu \leq 2\varepsilon_i$, где ε_i — энергия ионизации. Следовательно ε_i в нашем случае должна находиться в интервале 0,3+0,6 эв. Однако, поскольку положение максимума полосы поглощения и ее форма во всех образцах не зависят от положения уровня Ферми в материале, то полосу поглощения при 0,6 эв нельзя связать с локальным уровнем (с переходом локальный уровень — зона или между основным и возбужденным уровнем локального центра). Других полос поглощения в образцах, легированных

хромом, не наблюдается. Следовательно атомы хрома, ответственные за полосу поглощения $\sim 0,6$ эв, не дают локальных уровней в запрещенной зоне.



Р и с. 2. Спектры электропоглощения CdTe , содержащего Cr в концентрациях: а - $2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$; б - $5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$; в - $2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Наблюдаемую полосу при $0,6$ эв разумно связать с переходом d -электронов Cr из основного состояния на возбужденное. Аналогичные полосы поглощения наблюдались в CdSe /2/ и в GaS /3/, легированных хромом. Расчет, проведенный в этих работах, показал, что хром в этих материалах находится в состоянии Cr^{2+} и замещает Cd в подрешетке Cd . Сечение поглощения Cr в CdTe $\sigma_{\text{Cr}} = \alpha/N_{\text{Cr}}$ оказалось равным $3 \cdot 10^{-18} \text{ см}^2$. Оно по порядку величины совпадает с сечением поглощения d -электронов железа в CdTe /4/.

Вывод об отсутствии глубокого уровня у атомов хрома в CdTe подтверждается данными изучения электропоглощения и фотопрово-

димости этого же материала. Спектры фотопроводимости GaFe:Cr имеют структуру, аналогичную фотопроводимости нелегированных образцов. В них не обнаружены какие-либо доминирующие локальные уровни. В спектрах электропоглощения также нет сигнала, пропорционального концентрации хрома (рис. 2). Таким образом, основная часть атомов хрома не дает уровней в запрещенной зоне GaTe . Чувствительность наших измерений составляет $\sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Поэтому, если общая концентрация хрома в образце 10^{19} см^{-3} , то концентрация электрически активного хрома меньше 0,1%.

Следует отметить, что после диффузии Cr в GaTe исчезает центр с уровнем $E_V + 0,05 \text{ эВ}$, который наблюдается в исходном материале. Согласно /6/ составной частью центра, дающего этот уровень, является вакансия Ga . По-видимому, атомы хрома размещаются в узлах подрешетки кадмия.

В заключение авторы благодарят В. С. Иванова, В. Г. Яковлеву и Е. С. Астапову за помощь в работе.

Поступила в редакцию
17 марта 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. G. W. Ludwig, M. R. Lorenz. Phys. Rev., 131, 601 (1963).
2. J. M. Lander, J. M. Baranowski. Phys. Stat. Sol. (b) 44, 1155 (1971).
3. R. Pappalardo, R. E. Dietz. Phys. Rev., 123, 1188 (1961).
4. Б. М. Бул, В. С. Иванов, В. А. Рукавишников, В. М. Сальман, В. А. Чапнин. ФТП, 1972, (в печати).
5. G. V. Lucovsky. Solid State Comm., 2, 299 (1965).
6. В. С. Иванов, В. Б. Стопачинский, В. А. Чапнин. ФТП, 5, 101 (1971).