

©1994 г.

ТЕРМОСТИМУЛИРОВАННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ В ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ ZnS-Cu, Mn

М.Ф. Буланый, В.И. Клименко, А.В. Лихошва

Днепропетровский государственный университет, 320625, Днепропетровск,
Украина

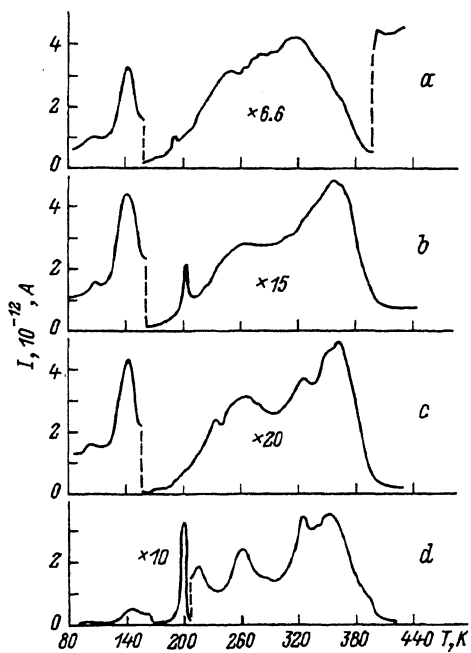
(Получена 29 марта 1993 г. Принята к печати 25 ноября 1993 г.)

Исследовано влияние пластической деформации на спектры термостимулированной проводимости (ТСП) в монокристаллах ZnS-Cu, Mn. Обнаружена зависимость энергетического спектра ловушек в данных кристаллах от степени пластической деформации.

Дефекты в кристаллической решетке ZnS приводят к появлению уровней захвата, которые в значительной мере определяют электрические и люминесцентные свойства. Изучение природы дефектов представляет собой задачу, которая важна при разработке и изготовлении приборов на основе сульфида цинка.

Данная работа посвящена изучению влияния пластической деформации на энергетический спектр ловушек. Известно, что при пластической деформации происходит структурная перестройка кристалла [1,2]. Определение энергетического положения уровней захвата в такой решетке представляет сложную задачу, так как наличие нескольких сортов уровней прилипания приводит к перекрытию энергетических зон уровней захвата, что создает трудности при определении глубины их залегания [3].

Исследования проведены на монокристаллах ZnS, выращенных из расплава под высоким давлением аргона. Образцы размерами $2 \times 2 \times 4$ мм³ с концентрациями Cu $\sim 3 \cdot 10^{-3}$ вес% и Mn $\sim 10^{-3}$ вес% подвергались пластической деформации. Базисная плоскость (111) располагалась под углом 45° к деформирующему напряжению. Пластическая деформация образцов осуществлялась с постоянной скоростью $\dot{\epsilon} = 17$ мкм/мин. По данным рентгеноструктурного анализа установлено, что кристаллы имеют кубическую структуру со значительным числом дефектов упаковки. В кристаллах были также дефекты в виде газообразных включений и отрицательных кристаллов, ориентированных в определенных кристаллографических направлениях и имеющих



Спектры ТСП в пластически деформированных кристаллах ZnS-Cu, Mn. ϵ , %: a — 0, b — 2.93, c — 9.32, d — 18.64.

соответствующую кристаллографическую огранку. Концентрация подобных включений изменялась от образца к образцу, составляла от 10^{-1} до 10^8 см^{-2} и зависела от вида легирующей примеси. Пластическая деформация кристаллов проводилась в светонепроницаемом термостате при температуре $\sim 80^\circ\text{C}$. Сначала образец нагревался до ~ 400 K, затем охлаждался до ~ 80 K и возбуждался светом в области собственного поглощения. Кристалл в течение 30 мин выдерживался в темноте и нагревался со скоростью 5 град/мин. Ион Mn^{2+} использован как зонд для регистрации методом ЭПР структурных изменений в кристаллах ZnS при пластической деформации [4].

Параметры ловушек в пластически деформированных кристаллах ZnS-Cu, Mn

№	T_m , K	E_T , эВ	S_T , см^2	τ , с	ϵ , %
1	105	0.22	$1.37 \cdot 10^{-17}$	$9.54 \cdot 10^{-9}$	18.6
2	148	0.32	$1.01 \cdot 10^{-17}$	$1.38 \cdot 10^{-9}$	18.6
3	201	0.43	$4.02 \cdot 10^{-18}$	$1.91 \cdot 10^{-9}$	18.6
4	215	0.46	$3.23 \cdot 10^{-18}$	$2.05 \cdot 10^{-9}$	18.6
5	235	0.51	$2.48 \cdot 10^{-18}$	$2.24 \cdot 10^{-9}$	9.3
6	243	0.52	$2.24 \cdot 10^{-18}$	$2.32 \cdot 10^{-9}$	0.0
7	265	0.57	$1.72 \cdot 10^{-18}$	$2.53 \cdot 10^{-9}$	18.6
8	271	0.58	$1.64 \cdot 10^{-18}$	$2.54 \cdot 10^{-9}$	2.9
9	329	0.71	$9.20 \cdot 10^{-19}$	$3.09 \cdot 10^{-9}$	18.6
10	356	0.77	$9.15 \cdot 10^{-19}$	$2.65 \cdot 10^{-9}$	18.6
11	380	0.82	$6.01 \cdot 10^{-19}$	$3.56 \cdot 10^{-9}$	6.2

На рисунке, *a* приведена кривая ТСП в диапазоне температур от 80 до 430 К, которая представляет монотонную кривую с тремя максимумами: два узких максимума с полушириной порядка 20° в области низких температур и один широкий в пределах температур 180–480 К с полушириной $\sim 140^\circ$, который является неэлементарным, так как на нем просматриваются максимумы при температурах 250, 270 и 325 К.

При увеличении пластической деформации до $\sim 2.93\%$ (рисунок, *b*) проявляются дополнительные максимумы в диапазоне температур 180–230 К и 105, 140, 203, 265, 360 К. Это позволяет предположить, что по мере увеличения пластической деформации, переводящей кристаллическую решетку ZnS в одноориентированную кубическую структуру, уровни захвата, образованные дефектами, лучше проявляются.

Деформация кристаллов до $\sim 9.32\%$, при которой происходит уменьшение дефектов упаковки на 50%, приводит к тому, что кривая ТСП содержит 8 максимумов (рисунок, *c*). Дальнейшее увеличение пластической деформации кристаллов до перестройки ZnS в одноориентированную структуру практически не меняет числа максимумов в спектрах ТСП (рисунок, *d*).

Ярко выраженные низкотемпературные максимумы 80–160 К присутствуют во всех образцах. Положение их практически не изменяется от величины пластической деформации и не зависит от интенсивности возбуждения образца и их, по-видимому, можно связать с поверхностью кристалла, характер и степень обработки которой одинаковы для всех образцов. Высокотемпературные максимумы зависят от совершенства структуры и имеют различную примесную структуру, так как максимумы ТСП проявляются четче при переходе ZnS в одноориентированную кубическую структуру.

Экспериментальные результаты позволяют выделить одиннадцать хорошо разрешенных максимумов из четырнадцати, по которым можно было определить глубину залегания уровней *E* и поперечное сечение захвата *S*, используя данные работы [5]. Данные о параметрах ловушек в пластически деформированных кристаллах ZnS–Cu, Mn приведены в таблице.

Таким образом, из приведенных фактов следует, что движущиеся в кристалле дислокации взаимодействуют с различными центрами, находящимися в образце. В результате этого процесса происходит изменение структуры центров в кристалле — уничтожение одних и рождение других типов центров. Указанные процессы, связанные с воздействием дислокаций на структуру кристаллов, могут существенно изменять спектры ТСП.

Список литературы

- [1] С.А. Омельченко, С.И. Бредихин, П.А. Берлов и др. ФТТ, **24**, 2803 (1982).
- [2] Б.А. Абдикамалов, М.П. Кулаков, В.Ш. Шехтман, С.З. Шмурак. ФТТ, **17**, 3463 (1975).
- [3] В.В. Сердюк, Г.Г. Чемересюк, М. Терек. Фотоэлектрические процессы в полупроводниках. Киев (1982).
- [4] П.А. Берлов, М.Ф. Буланый, В.И. Клименко и др. ФТТ, **32**, 2182 (1990).
- [5] В.Г. Литовченко. Некоторые вопросы физики полупроводников и полупроводниковых приборов. Вильнюс (1969).

Редактор В.В. Чалдышев