

Особенности влияния электронной и нейтронной радиации на фотоэлектрические свойства специально не легированных и легированных Cu монокристаллов CdS

© Г.Е. Давидюк, В.В. Божко, Л.В. Булатецкая[¶]

Волинский национальный университет им. Л. Украинки,
43025 Луцк, Украина

(Получена 14 января 2008 г. Принята к печати 4 февраля 2008 г.)

Исследовались электрические, фотоэлектрические и магнитные свойства нелегированных и легированных медью ($N_{Cu} \approx 10^{18} \text{ см}^{-3}$) монокристаллов CdS, облученных электронами ($s E = 1.2 \text{ МэВ}$, $\Phi = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$) и нейтронами ($s E = 2 \text{ МэВ}$, $\Phi = 10^{18} \text{ см}^{-2}$). Показано, что ответственными за примесную фотопроводимость и парамагнитные свойства являются донорно-акцепторные пары, частности в легированных образцах — $\text{Cu}_{Cd}^- - D^+$, которые разрушаются при облучении и вновь формируются с течением времени (как вторичные радиационные дефекты) в облученных образцах. Установлено, что основная доля парамагнитных центров и донорно-акцепторных пар располагается в приповерхностной области кристалла. Подтверждено, что крупные структурные дефекты, кластеры дефектов, образованные нейтронной радиацией, являются эффективными стоками для атомов меди. Изучены особенности изохронного отжига парамагнитных центров и донорно-акцепторных пар, ответственных за изменение магнитных параметров, спектров фотопроводимости облученных нелегированных и легированных Cu образцов CdS.

PACS: 78.55.Et, 73.50.Pz, 61.80.-x, 61.82.Fk, 81.40.Wx

1. Введение

В современных условиях развития ядерной энергетики и космических технологий одной из важных задач полупроводникового приборостроения является получение радиационно устойчивых и фоточувствительных материалов электронной и оптоэлектронной техники. Обычно к перспективным материалам с такими свойствами относятся некоторые полупроводниковые соединения, в частности монокристаллы CdS.

Данная работа является продолжением работы [1] по исследованию влияния электронной радиации на фотоэлектрические свойства нелегированных и легированных Cu монокристаллов CdS.

Известно [2–4], что многие первичные радиационные дефекты в полупроводниках $A^{IV}B^{VI}$ подвижны при комнатной температуре. При этом они вступают в квазихимические реакции с различными неконтролируемо присутствующими примесями, образуя комплексы, ответственные за изменение многих параметров полупроводников. В связи с этим в работе уделялось особое внимание чистоте исходного материала и использованию больших интегральных доз облучения, при которых концентрация радиационных дефектов была заведомо большей концентрации неконтролируемых примесей.

Выбор меди как легирующей примеси в монокристаллах CdS диктовался ее важной ролью в образовании различных оптически активных центров в полупроводниках $A^{IV}B^{VI}$.

Исследуемые монокристаллы CdS выращивались методом зонной сублимации под давлением 180 атм в атмосфере инертного газа в научно-исследовательском

Институте монокристаллов НАН Украины (г. Харьков). Другие данные о получении, легировании и условиях облучения представлены в работе [5].

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены кривые спектрального распределения фотопроводимости (СРФ) нелегированных (а) и легированных медью ($N_{Cu} = 10^{18} \text{ см}^{-3}$) монокристаллов CdS:Cu (b), облученных электронами дозой $\Phi = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ и $E = 1.2 \text{ МэВ}$, а также CdS:Cu (c), облученных быстрыми реакторными нейтронами ($E = 2 \text{ МэВ}$) дозой $\Phi = 10^{18} \text{ см}^{-2}$. Характерной особенностью электронно-облученных монокристаллов CdS:Cu является увеличение при комнатной температуре примесной фотопроводимости с максимумом $\lambda_m \approx 0.6 \text{ мкм}$, который доминирует над собственной фотопроводимостью ($\lambda_c \approx 0.51 \text{ мкм}$) (рис. 1, b). Понижение температуры ведет во всех образцах к более быстрому уменьшению примесной фотопроводимости по сравнению с собственной.

Следует отметить, что коэффициент поглощения света в примесной области примерно в 60–80 раз меньше его значения в области максимума собственной фотопроводимости. Поэтому очевидно, что большая примесная фотопроводимость электронно-облученных монокристаллов CdS:Cu обусловлена большим временем жизни электронов, фотовозбужденных с центров, ответственных за эту фотопроводимость.

Вместе с тем спектры оптического гашения фотопроводимости (ОГФ) при 292 К электронно-облученных монокристаллов CdS:Cu при возбуждении образцов

[¶] E-mail: tl1@ukr.net

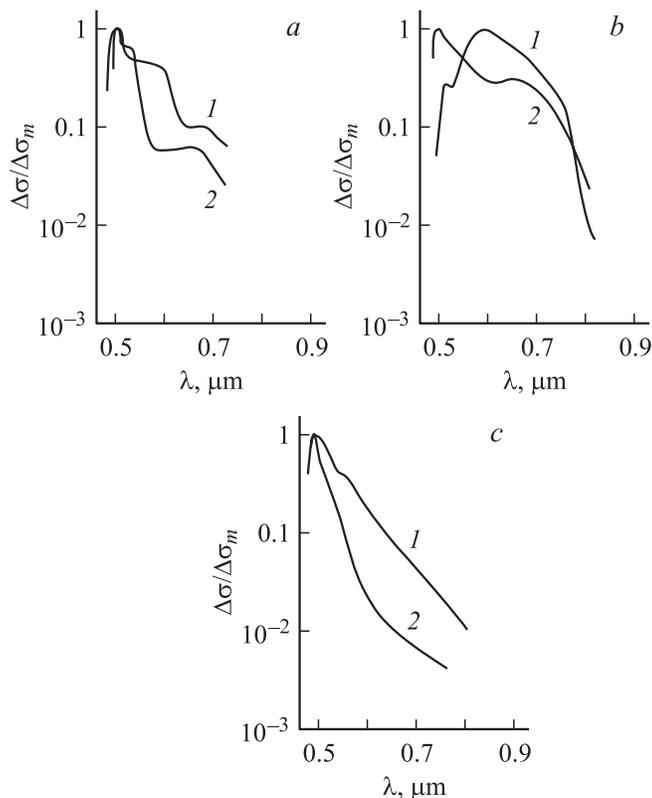


Рис. 1. Спектральное распределение фотопроводимости монокристаллов CdS (*a*), CdS:Cu (*b*), облученных электронами дозой $\Phi = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$, и CdS:Cu (*c*), облученных быстрыми реакторными нейтронами дозой $\Phi = 10^{18} \text{ см}^{-2}$. *T*, К: 1 — 292, 2 — 77.

светом из области собственной фотопроводимости $\lambda_c \approx 0.51 \text{ мкм}$ ($h\nu = 2.43 \text{ эВ}$) и из области примесной фотопроводимости $\lambda_m \approx 0.6 \text{ мкм}$ ($h\nu = 2.07 \text{ эВ}$) практически тождественны, но при этом процент гашения фотопроводимости в случае возбуждения светом в примесной области примерно в 4 раза выше, чем собственной фотопроводимости.

Результаты отжига на СРФ электронно-облученных монокристаллов CdS:Cu показаны на рис. 2. Отжиг осуществлялся в атмосфере азота 15 мин при каждой температуре.

Как следует из рис. 2 (кривые 3 и 4), после отжига облученных образцов при 100°C происходит незначительное увеличение собственной фотопроводимости ($\lambda_c \approx 0.51 \text{ мкм}$) при доминировании примесного максимума, который смещается в длинноволновую область СРФ до $\lambda_m \approx 0.66 \text{ мкм}$. Отжиг при более высоких температурах (кривые 5 и 6) ведет к общему увеличению фоточувствительности облученных образцов. После отжига при 300°C (кривые 2 и 6) СРФ необлученного и облученного кристаллов практически совпадают, что, по-видимому, обусловлено отжигом образованных электронами в монокристаллах CdS:Cu структурных повреждений, ответственных за изменение СРФ.

Облучение электронами с энергией $E = 1.2 \text{ МэВ}$ образует первичные точечные дефекты — пары Френкеля (примерно с одинаковой концентрацией) в подрешетках кадмия и серы монокристаллов CdS [6].

Обычно легирование Cu повышает дефектность решетки CdS [7], причем часть быстро диффундирующих атомов Cu может находиться в межузельном положении, на различных стоках — крупных структурных несовершенствах, или образовывать дефектные комплексы. В работе [8] было показано, что электронное облучение ($E = 1.2 \text{ МэВ}$) монокристаллов CdS:Cu ($N_{\text{Cu}} = 10^{18} \text{ см}^{-3}$) ведет к увеличению концентрации акцепторных центров Cu_{Cd} , которые образуются при взаимодействии введенных радиацией вакансий кадмия (V_{Cd}) с межузельными атомами Cu (Cu_i).

Центры Cu_{Cd} хорошо известны в монокристаллах CdS:Cu как „очувствляющие“ или так называемые *r*-центры рекомбинации (близкие по параметрам к V_{Cd}). На спектральной кривой СРФ им соответствуют максимумы (наблюдаемые в нашей работе) в области $\lambda \approx 0.85\text{--}0.95 \text{ мкм}$ и $\lambda \approx 1.3\text{--}1.4 \text{ мкм}$; последний обусловлен возбуждением дырки на *r*-центре [9].

Вследствие подвижности первичных радиационных дефектов после облучения имеет место образование вторичных дефектов. Временные изменения параметров облученных образцов исследовались нами в работе [10]. Было показано, что наиболее неустойчивыми являются облученные образцы CdS:Cu. В течение примерно 2 месяцев происходило уменьшение их фоточувствительности и изменение структуры кривой СРФ. В конце двухмесячного хранения облученных монокри-

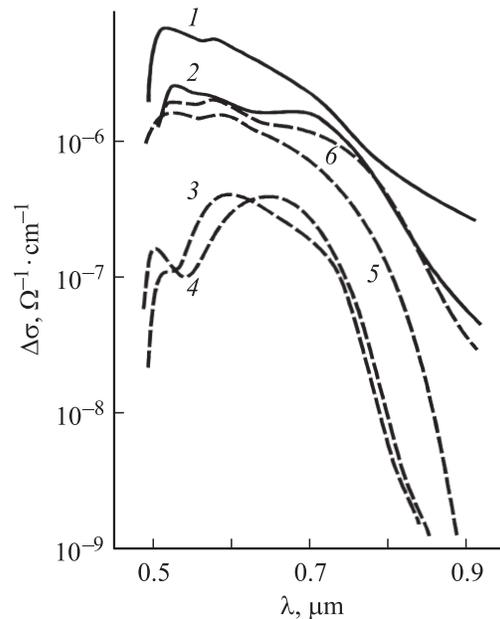


Рис. 2. Спектры фотопроводимости неотожженных и отоженных монокристаллов CdS:Cu при $T = 292 \text{ К}$. 1, 2 — необлученные; 3–6 — облученные электронами с $E = 1.2 \text{ МэВ}$, дозой $\Phi = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Неотожженные — 1, 3; отоженные при температуре $T_{\text{анн}}$, $^\circ\text{C}$: 4 — 100; 5 — 200; 2, 6 — 300.

сталлов CdS:Cu (именно такое состояние представлено на рис. 1, *b*) их СРФ трансформировалось в кривую с доминирующей примесной фотопроводимостью, что не наблюдалось в чистых CdS (рис. 1, *a*). Из сказанного следует, что, по-видимому, ответственными за примесную фотопроводимость с максимумом в области $\lambda_m \approx 0.6$ мкм в облученных монокристаллах CdS:Cu являются комплексы дефектов, в состав которых входят атомы меди и собственные структурные точечные дефекты. Это предположение подтверждается и иными экспериментальными фактами. Доминирование примесной фотопроводимости в области $\lambda_m \approx 0.58-0.6$ мкм наблюдалось в прессованных порошках и напыленных пленках CdS, легированных большой концентрацией Cu [11], которые также имеют большую концентрацию собственных структурных дефектов.

Известно, что кластеры дефектов (КД), образованные быстрыми нейтронами ($E = 2$ МэВ), служат хорошими стоками для атомов Cu [12]. По-видимому, это является основной причиной уменьшения концентрации меди в решетке облученных нейтронами монокристаллов CdS:Cu и, как следствие, отсутствия на кривых СРФ доминирующего максимума с $\lambda_m \approx 0.6$ мкм (рис. 1, *c*).

Для установления природы комплексов дефектов, ответственных за примесную фотопроводимость в области $\lambda_m \approx 0.6$ мкм, были проведены одновременно с измерениями СРФ измерения магнитной восприимчивости (χ) монокристаллов сульфида кадмия до, после электронного облучения и по истечении двухмесячного хранения облученных образцов. Измерение χ осуществлялось методом Фарадея. Результаты эксперимента представлены на рис. 3.

Кроме высокоомных, наиболее чистых образцов CdS и легированных монокристаллов CdS:Cu ($N_{Cu} = 10^{18} \text{ см}^{-3}$), исследовались также низкоомные нестехиометрические образцы с избытком Cd (CdS:Cd). Согласно полученным экспериментальным результатам (рис. 3, *a*), все исследованные монокристаллы диамагнитны. Однако в исходных необлученных монокристаллах (рис. 3, *a*, точки I) χ имеет наименьшее (по модулю) значение в образцах CdS:Cu, что свидетельствует о наличии парамагнитных (ПМ) центров, обуславливающих парамагнетизм, который достигает в CdS:Cu $\sim 7.8\%$ от магнитной восприимчивости наиболее чистых необлученных образцов CdS. Парамагнитные центры присутствуют и в монокристаллах CdS:Cd ($\sim 1.8\%$). В работе [10] было показано, что ПМ центрами в монокристаллах сульфида кадмия являются донорно-акцепторные (ДА) пары, роль акцептора в которых выполняют V_{Cd} или Cu_{Cd} , а донорами могут быть примесные атомы или собственные точечные дефекты, например Cd_i или Cu_i .

Облучение разрушает ДА пары, присутствующие в исходных монокристаллах. Об этом свидетельствует одинаковое значение магнитной восприимчивости (измеренной в течение до 10 ч) после облучения образцов CdS, CdS:Cd и CdS:Cu (рис. 3, *a*, точки II). Дополнительным фактором, подтверждающим этот вывод, явля-

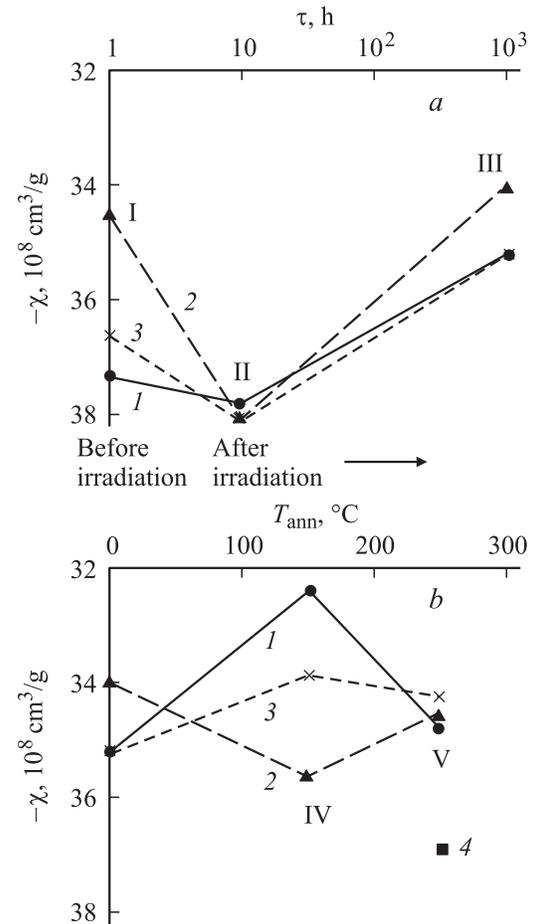


Рис. 3. *a* — временная зависимость магнитной восприимчивости (χ) образцов, облученных электронами с $E = 1.2$ МэВ и дозой $\Phi = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. *b* — изменение χ после отжига облученных образцов. Длительность отжига при каждой температуре составляла 15 мин (в атмосфере азота). 1 — CdS, 2 — CdS:Cu, 3 — CdS:Cd, 4 — CdS:Cu (стравленная поверхность). Температура измерения $T \approx 292$ К.

ется уменьшение при облучении полосы люминесценции с $\lambda_m \approx 0.825$ мкм в монокристаллах CdS:Cu, за которую ответственны ДА пары $Cu_{Cd}^- - Cu_i^+$ [13,14].

С течением времени после облучения в таких образцах происходит образование ПМ центров, что ведет к уменьшению диамагнетизма (рис. 3, *a*, точки III). Следует отметить, что ПМ центры (после хранения в течение 10^3 ч) образуются также в наиболее чистых монокристаллах CdS, в которых они практически отсутствовали до облучения, причем в CdS и CdS:Cd изменения χ носят одинаковый характер в отличие от χ в образцах CdS:Cu (рис. 3, *b*). По-видимому, это свидетельствует о том, ДА пары в CdS и CdS:Cd состоят из собственных дефектов одинаковой природы, образованных электронной радиацией, тогда как в легированных Cu образцах в их состав входят атомы легирующей примеси. Как следует из рис. 3, *a* (точки III), после 10^3 -часового хранения облученных образцов наибольшее количество

ДА пар образуется в монокристаллах CdS:Cu, которые обуславливают увеличение парамагнетизма до $\sim 9\%$; в нелегированных образцах увеличение парамагнетизма составляло $\sim 5\%$. При хранении облученных монокристаллов CdS:Cu происходит также увеличение примесной фотопроводимости с доминирующим максимумом в области $\lambda_m \approx 0.6$ мкм. Поэтому можно утверждать, что за примесную фотопроводимость и ПМ центры в легированных образцах ответственны одинаковые ДА пары, акцепторами в которых могут быть атомы меди в узлах кадмиевой подрешетки (Cu_{Cd}), образующиеся (как отмечалось выше) при электронном облучении CdS:Cu [8]. В пользу последнего утверждения свидетельствует факт наличия одинаковых спектров ОГФ как собственной, так и примесной фотопроводимости, за которые ответственны медленные центры рекомбинации — Cu_{Cd} с энергетическим положением E_v вблизи середины запрещенной зоны [9,14].

Роль доноров в ДА парах могут играть Cd_i , но вместе с тем было показано [15,16], что межузельные атомы кадмия образуют скопления (преципитаты), которые ответственны за деградацию со временем fotocувствительности образцов CdS и CdS:Cu. Электронное облучение монокристаллов CdS:Cu ведет к образованию акцепторов Cu_{Cd} — медленных центров рекомбинации и Cd_i [8], которые, объединяясь в преципитаты, образуют глубокие уровни с $E_c \approx 0.95-1.0$ эВ, играющие роль быстрых, так называемых s -центров рекомбинации. По-видимому, этим объясняется понижение fotocувствительности облученных образцов CdS:Cu (рис. 2, кривые 1 и 3) и их темновой электропроводимости.

Можно предположить, что фотопроводимость с $\lambda_m \approx 0.6$ мкм связана с фотовозбуждением электронов с акцепторов в паре $\text{Cu}_{\text{Cd}}^- - D^+$ (D — донор). Энергетическое положение акцептора Cu_{Cd}^- вследствие кулоновского взаимодействия между компонентами пары приближается к валентной зоне, что увеличивает энергию фотоионизации электрона по сравнению с таковой для свободного акцептора Cu_{Cd}^- , играющего роль r -центра рекомбинации. При увеличении неравновесной концентрации электронов в зоне проводимости увеличивается вероятность заполнения электронами доноров в ДА парах. Энергетическое положение дырки на акцепторе Cu_{Cd} в нейтральной паре $\text{Cu}_{\text{Cd}} - D$ вследствие отсутствия кулоновского взаимодействия такое же, как и на свободном акцепторе Cu_{Cd} . Этим объясняется одинаковое спектральное расположение максимумов СРФ при возбуждении собственным светом $\lambda_c \approx 0.51$ мкм и светом с примесной области $\lambda_m \approx 0.6$ мкм.

При зонно-зонном возбуждении поток дырок из валентной зоны распределяется между рекомбинационными каналами через медленные r -центры и быстрые s -центры рекомбинации [9]. При большой концентрации s -центров (т.е. преципитатов Cd_i) доля рекомбинационного потока через r -центры уменьшается, что ведет к уменьшению собственной фотопроводимости электронно-облученных монокристаллов CdS:Cu

(рис. 2, кривые 1 и 3). Большая fotocувствительность облученных CdS:Cu в области $\lambda_m \approx 0.6$ мкм, по-видимому, обусловлена рекомбинацией неравновесных электронов в зоне проводимости, в основном с оставшимися на акцепторах Cu_{Cd} дырками в ДА парах после фотовозбуждения примесной фотопроводимости, что исключает рекомбинационный поток через s -центры.

Отжиг облученных образцов при $T_{\text{ann}} = 100-150^\circ\text{C}$ ведет к незначительному увеличению собственной фотопроводимости и смещению максимума примесной фотопроводимости в область $\lambda \approx 660-680$ нм (рис. 2, кривые 3 и 4). При этом происходит увеличение парамагнетизма в CdS:Cu, что свидетельствует об отжиге части ПМ центров (рис. 3, б, кривая 2, точка IV). Отжиг нелегированных CdS и нестехиометрических кристаллов CdS:Cd происходит по-иному — с увеличением ПМ центров (рис. 3, б, кривые 1, 3, точки IV). Увеличение собственной фотопроводимости после отжига при $T_{\text{ann}} = 100-150^\circ\text{C}$ в облученных CdS:Cu свидетельствует об отжиге части s -центров (распад преципитатов Cd_i), что согласуется с результатами работы [16]. Можно предположить, что смещение максимума примесной фотопроводимости CdS:Cu в длинноволновую область после отжига связано с изменением среднего расстояния между компонентами оставшихся ДА пар. В нелегированном CdS отжиг при $T_{\text{ann}} = 150^\circ\text{C}$ сопровождается увеличением ПМ центров, что может свидетельствовать об образовании дополнительных ДА пар из собственных дефектов.

Следует отметить, что подобные закономерности отжига радиационных дефектов имеют место в электронно-облученных монокристаллах ZnSe [4]. Используя метод электронного парамагнитного резонанса, были установлены существование высокотемпературных (больших 120°C) стадий отжига ДА пар $V_{\text{Zn}}^- - D^+$ и одновременное образование новых пар при взаимодействии свободных V_{Zn} с различными донорными примесями.

Отжиг при $T_{\text{ann}} = 300^\circ\text{C}$ электронно-облученных и необлученных монокристаллов CdS:Cu ведет к практически полному совпадению их спектров фотопроводимости (рис. 2, кривые 2 и б), очевидно вследствие отжига образованных электронной радиацией ДА пар, ответственных за изменение спектров фотопроводимости, что подтверждается магнитными измерениями. Магнитная восприимчивость всех электронно-облученных монокристаллов, начиная с температуры отжига 250°C , одинаковая (рис. 3, б, точки V). Вместе с тем следует отметить, что χ облученных и отожженных при 250°C монокристаллов CdS:Cu практически принимает значение, равное χ до облучения, тогда как в нелегированных облученных и отожженных образцах оно существенно меньше исходного значения. Это, по-видимому, объясняется образованием из радиационно-наведенных собственных дефектов в нелегированных образцах ДА пар термически устойчивых при высоких температурах и связанных с ними ПМ центров.

Скалывание или стравливание (примерно до 100–200 мкм) приповерхностной области облученных монокристаллов CdS:Cu ведет к значительному уменьшению ПМ центров (рис. 3, *b*, точки V) и примесной фотопроводимости [10], что свидетельствует о неоднородном распределении ДА пар по объему образца. По-видимому, поверхность кристалла является хорошим стоком для примесей и структурных точечных дефектов, которые, обогащая эту область, способствуют формированию ДА пар, ответственных за ПМ центры и примесную фотопроводимость.

3. Заключение

Таким образом, ответственными за примесную фотопроводимость с $\lambda_m \approx 0.6$ мкм и ПМ центры в монокристаллах CdS:Cu являются ДА пары, роль акцептора в которых играют Cu_{Cd} . Основная доля ПМ центров и ДА пар располагается в приповерхностной области образца. Электронное облучение разрушает ДА пары, которые вновь образуются с течением времени (как вторичные радиационные дефекты) в облученных образцах. Подтверждено, что доноры, образованные нейтронной радиацией, являются эффективными стоками для атомов Cu. После отжига при $T_{\text{анн}} = 250\text{--}300^\circ\text{C}$ магнитная восприимчивость всех облученных образцов становится практически одинаковой, так как отжигаются ДА пары, ответственные за изменение примесной фотопроводимости в облученных образцах CdS:Cu.

Список литературы

- [1] Г.Е. Давидюк, Н.С. Богданюк, В.Т. Мак, В.В. Божко. Фотоэлектроника (Одесса, Изд-во Одес. ун-та), **3**, 7 (1990).
- [2] Б.В. Павлик, М.В. Лишак. УФЖ, **51** (3), 275 (2006).
- [3] В.В. Емцев, Т.В. Машовец. *Примеси и точечные дефекты в полупроводниках* (М.: Радио и связь, 1981) с. 211.
- [4] *Точечные дефекты в твердых телах*, под ред. Б.И. Болтакса, Т.В. Машовец и А.Н. Орлова (М.: Мир, 1979) с. 221.
- [5] Г.Е. Давидюк, В.С. Манжара, Н.С. Богданюк, А.П. Шаварова, В.В. Булатецкий. ФТП, **31** (4), 390 (1997).
- [6] D.C. Look, I.M. Meese. Rad. Eff., **22**(1), 229 (1974).
- [7] *Оптические свойства полупроводников*. Справочник, под ред. В.И. Гавриленко, А.М. Грехова, Д.В. Корбутяк и В.Г. Литовченко (Киев, Наук. думка, 1987) с. 388.
- [8] А.П. Галушка, Г.Е. Давидюк, В.Т. Мак, В.И. Куц, Н.С. Богданюк. ФТП, **9** (11), 2174 (1975).
- [9] В.Е. Лашкарев, А.В. Любченко, М.К. Шейнкман. *Неравновесные процессы в фотопроводниках* (Киев, Наук. думка, 1981) с. 12–15, 38–40, 179–203.
- [10] В.М. Цмоць, Г.Е. Давидюк, Н.С. Богданюк, В.В. Божко, М.И. Шубак, Л.П. Дякун. Изв. вузов. Физика, № 5, 5 (1988).
- [11] Р. Бьюб. *Фотопроводимость твердых тел* (М., Иностран. лит., 1962) с. 199.
- [12] Г.Е. Давидюк, А.П. Галушка, В.С. Манжара, Н.С. Богданюк. Изв. вузов. Физика, № 7, 37 (1980).

- [13] Г.Е. Давидюк, Н.С. Богданюк, А.П. Шаварова. ФТП, **29** (2), 375 (1995).
- [14] И.Б. Ермолович, Г.И. Матвиевская, Г.С. Пекарь, М.К. Шейнкман. УФЖ, **18** (5), 729 (1973).
- [15] N.E. Korsunskaya, I.V. Markevich, T.V. Torchinskaya, M.K. Seikman. Phys. Status Solidi A, **60** (2), 565 (1980).
- [16] Г.Е. Давидюк, Н.С. Богданюк, В.В. Божко. Изв. вузов. Физика, № 1, 50 (1989).

Редактор Т.А. Полянская

Peculiarities of influence of electron and neutron radiation on photoelectric properties of CdS monocrystals specially unalloyed and alloyed by Cu

H.Ye. Davidyuk, V.V. Bozhko, L.V. Bulatetska

Lesya Ukrainka Volyn National University,
43025 Lutsk, Ukraine

Abstract There were researched electrical, photoelectric and magnetic properties of CdS monocrystals, unalloyed and alloyed by copper ($N_{\text{Cu}} \approx 10^{18} \text{ cm}^{-3}$), radiated by electrons (with $E = 1.2 \text{ MeV}$, $\Phi = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$) and by neutrons (with $E = 2 \text{ MeV}$, $\Phi = 10^{18} \text{ cm}^{-2}$). It was proved that donor-acceptor couples (DA) are responsible for the impurity photoconductivity (FC) and for the paramagnetic centres (PM); in alloyed, in particular, such centers are $\text{Cu}_{\text{Cd}}-D^+$, which are ruined during radiation and are again resumed in the course of time in the irradiated specimens (as secondary radiative defects). It was founded that the main part of paramagnetic centres and DA couples is situated in the surface area of crystal. It is confirmed, that large structural defects and clusters of defect, founded by neutron radiation are effective channels for copper atoms. There are examined the properties of isochronic annealing of PM centres and DA couples, responsible for change of magnetic parameters, spectrums of a photoconductivity of radiated CdS specimen, not alloyed and alloyed by Cu.