

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ В ОБЪЕМНЫХ МОНОКРИСТАЛЛАХ CdS ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

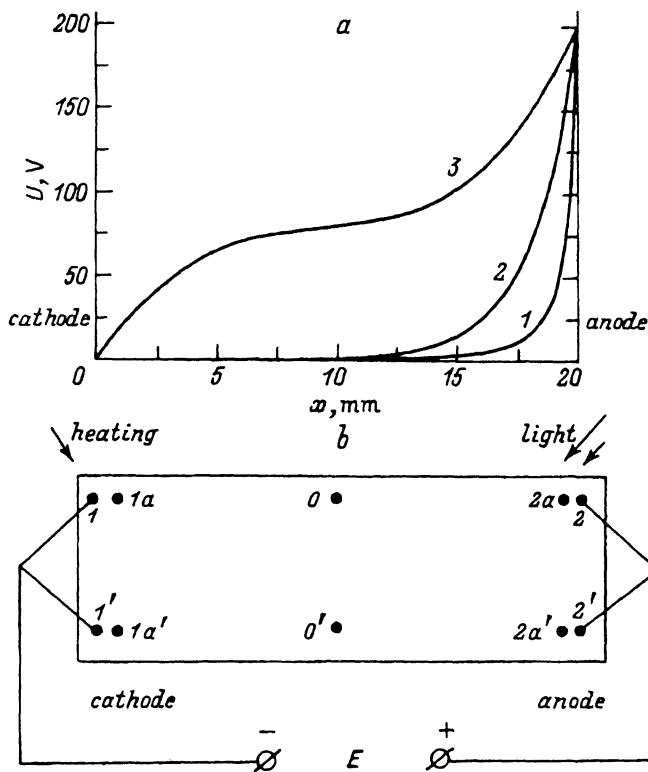
© В.В.Кислюк, Н.Е.Корсунская, И.В.Маркевич,  
Г.С.Пекарь, А.Ф.Сингаевский, М.К.Шейнкман

Институт физики полупроводников Национальной академии наук Украины,  
252650 Киев, Украина  
(Получена 10 января 1996 г. Принята к печати 29 января 1996 г.)

Предложен метод формирования распределения фотосопротивления в монокристалле CdS под действием внешнего электрического поля ( $E \geq 10^2$  В/см). Метод позволяет контролировать ширину области, «очищенной от подвижных донорных дефектов».

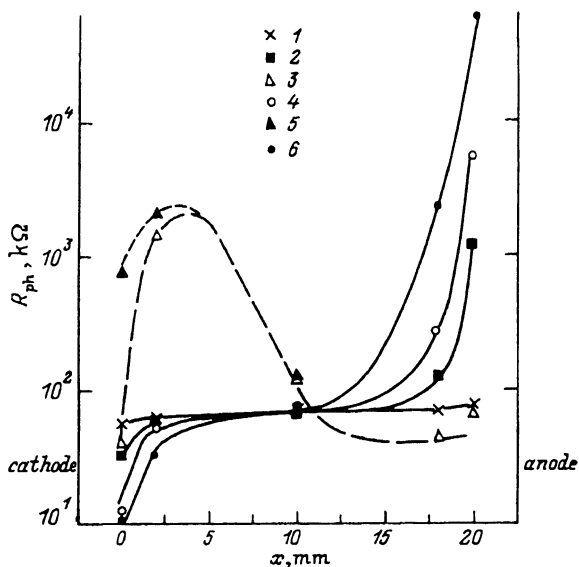
Сульфид кадмия является нестехиометрическим соединением с областью гомогенности, сдвинутой при комнатной температуре в сторону избыточного кадмия [1]. В обычных условиях избыточный кадмий присутствует в кристаллах CdS в виде включений второй фазы и межузельных атомов Cd<sub>i</sub> [2]. Наличие атомов Cd<sub>i</sub> существенно влияет на основные свойства кристалла CdS: а) атомы Cd<sub>i</sub> являются мелкими донорами (с энергией  $E_d = E_c - 0.03$  эВ), ответственными за равновесную проводимость нелегированных кристаллов [3-5]; б) изменение их концентрации приводит к изменению степени компенсации акцепторов, в частности наиболее глубоких из них —  $\tau$ -центров фоточувствительности, что существенно влияет на фоточувствительность материала [6]; в) атомы межузельного кадмия и их агломераты являются центрами рассеяния свободных носителей заряда и потому влияют на значения холловской подвижности носителей [7]. Как показали измерения распределения интенсивности катодолюминесценции, она существенно выше у малоугловых границ, т.е. там, где понижена концентрация атомов Cd<sub>i</sub>, которые вытесняются из приграничной области на границу раздела [8]. Таким образом, изменяя концентрацию атомов избыточного кадмия, можно существенно влиять на основные электрические, фотоэлектрические и люминесцентные свойства монокристаллов CdS.

В работе [9] было показано, что доноры Cd<sub>i</sub> обладают заметной подвижностью в решетке CdS при температурах, близких к комнатной.



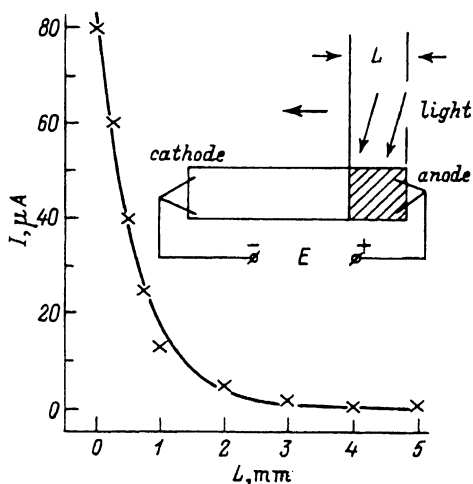
**Рис. 1.**  
 а -- распределение потенциала  $U$  внешнего электрического поля: 1 — после дрейфа подвижных доноров из прианодной области; 2 — после засветки прианодной области; 3 — то же, что и 2, но с нагревом катода.  
 б -- схема расположения электродов на образце; для проведения дрейфа контакты 1-1' и 2-2' закорачивались и к ним прикладывалось тянущее поле  $E \geq 10^2$  В/см; контакты 1а-1а', 0-0', 2а-2а' служили для измерения распределения сопротивления по длине образца; в момент измерения фотосопротивления контакты 1-1' и 2-2' размыкались и поле отключалось.

Поскольку при не очень низких температурах эти доноры термически ионизированы и, следовательно, положительно заряжены, приложение к образцу внешнего электрического поля приводит к их дрейфу от анода к катоду [9]. В результате прианодная область обедняется донорами, становится более высокоомной и соответственно менее фоточувствительной, в то время как в прикатодной области, где происходит увеличение концентрации доноров, проводимость и фоточувствительность возрастают [9-12]. Такое перераспределение сопротивления по образцу приводит к тому, что приложенное к образцу поле постепенно концентрируется в тонком слое у анода и дрейф Cd; практически во всем образце прекращается. Толщина такого очень высокоомного слоя в образце CdS с темновым удельным сопротивлением  $\rho_d \approx 10^{10}$  Ом·см при поле  $E = 10^3$  В/см составляла  $\sim 1$  мкм [11]. Вместе с тем расширение такой «очищенной» от подвижных доноров области полупроводника открыло бы возможности как для проведения более детальных физических исследований, проходящих при «очистке» процессов, так и для решения определенных прикладных задач.



**Рис. 2.** Распределение фотосопротивления при различных условиях: 1 — до дрейфа; 2 — после «обычного» дрейфа; 3 — изменение распределения 2 при засветке прианодной области; 4 — после дрейфа с применением засветки прианодной области; 5 — изменение распределения 4 при засветке прианодной области и нагреве катода; 6 — после дрейфа с применением засветки прианодной области и нагрева катода.

В настоящей работе предложен метод выравнивания потенциала внешнего поля, приводящий к расширению высокоомной области полупроводника. Чтобы выровнять потенциал внешнего поля и таким образом возобновить дрейф, мы при помощи подсветки прианодного слоя повышали концентрацию свободных носителей у анода, а путем нагрева прикатодного слоя уменьшали концентрацию носителей у катода (рис. 1, а, кривые 2, 3).



**Рис. 3.** Уменьшение стационарного значения тока  $I$  через образец по мере увеличения ширины  $L$  области засветки  $E > 10^2$  В/см. Уменьшение тока свидетельствует о расширении высокоомной области.

Использовались объемные ( $20 \times 5 \times 2 \text{ мм}^3$ ) высокоомные фоточувствительные монокристаллы  $\text{CdS}$  ( $\rho_d \geq 10^{10} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ), выращенные из газовой фазы [13]. Индиевые электроды наносились на сколотую поверхность (001), как показано на рис. 1, б. Образцы равномерно освещались белым светом, и проводились измерения распределения фотосопротивления  $R_{ph}$  вдоль образца, т.е. значения  $R_{ph}$  между контактами  $1-1'$ ,  $1a-1'a'$ , ...,  $2-2'$  (рис. 1, б). Затем электроды  $1-1'$  и  $2-2'$  закорачивались, и к ним прикладывалось электрическое поле  $E \geq 10^2 \text{ В/см}$ . Для ускорения дрейфа ионов образец нагревался до  $80^\circ\text{C}$ . В таких условиях образец выдерживался до 15 мин. При этом ток через образец постепенно уменьшался до некоторого стационарного значения насыщения. Насыщение тока свидетельствует о прекращении дрейфа. В результате дрейфа, как и в [9-12], образовывалась тонкая высокоомная прослойка у анода (рис. 2, кривая 2). Увеличение концентрации носителей (при засветке) в прианодной области изменило распределение фотосопротивления вдоль образца (рис. 2, кривая 3) настолько, что после приложения электрического поля ток через образец опять начинал падать, достигая нового, меньшего чем в предыдущем случае, стационарного значения. Для уменьшения концентрации носителей у катода мы использовали термическое гашение фотопроводимости [6], локально нагревая катод.

Чтобы максимально увеличить количество продрейфованных доноров, мы последовательно расширяли область засветки  $L$  (рис. 3) по мере того, как ток через образец достигал своего стационарного значения.

На рис. 2 показаны результаты, полученные предложенным методом. Кривая б изображает окончательное распределение  $R_{ph}$ , образованное в результате дрейфа мелких доноров  $\text{Cd}$ ; с применением засветки прианодной области носителями и локального нагрева катода. Таким образом, увеличение концентрации носителей в прианодной области и уменьшение их концентрации в прикатодной области позволяют сформировать под действием внешнего электрического поля ( $E \geq 10^2 \text{ В/см}$ ) такое распределение фотосопротивления по длине образца, при котором высокоомная прианодная область распространяется на расстояние до  $1/4$  длины образца.

### Список литературы

- [1] *Физика и химия соединений  $A^2B^6$* , под ред. С.А. Медведева (М., Мир, 1970).
- [2] В.П. Зломанов, А.В. Новоселова. *P - T - x диаграммы состояния систем металл-галкогенид* (М., наука, 1987).
- [3] L.I. Khandros, G.S. Pekar, M.K. Sheinkman, E.L. Shtрум. *Phys. St. Sol. (a)*, **33**, 765 (1976).
- [4] И.В. Ермолович, В.В. Горбунов, И.Д. Конозенко. *ФТП*, **11**, 1812 (1977).
- [5] М.С. Бродин, И.Я. Городецкий, Н.Е. Корсунская, И.Ю. Шаблий. *УФЖ*, **24**, 1539 (1979).
- [6] В.Е. Лошкарев, А.В. Любченко, М.К. Шейнкман. *Неравновесные процессы в фотопроводниках* (К., Наук. думка, 1981).
- [7] L.I. Khandros, G.S. Pekar, M.K. Sheinkman, E.L. Shtрум. *Phys. St. Sol. (a)*, **34**, 397 (1976).
- [8] И.В. Акимова, В.И. Козловский, Ю.В. Коростелин. *Тр. ФИАН*, **177**, 142 (1987).

- [9] Н.Е. Корсунская, И.В. Маркевич, И.Ю. Шаблей, М.К. Шейнкман, ФТП, 15, 279 (1981).
- [10] Н.Е. Корсунская, И.В. Маркевич, Т.В. Торчинская, М.К. Шейнкман. ФТП, 13, 435 (1979).
- [11] О.В. Игнатов, В.В. Сердюк. УФЖ, 20, 642 (1975).
- [12] И.А. Дроздова, Н.Е. Корсунская, И.В. Маркевич. ФТП, 28, 353 (1994).
- [13] N.V. Klimova, N.E. Korsunskaya, I.V. Markevich, G.S. Pekar, A.F. Singaevsky. Mater. Sci. Engin. B, 34, 12 (1995).

Редактор Л.В. Шаронова

## **Formation of photosensitivity profile in bulk CdS single crystals by the action of external electric field**

*V.V.Kislyuk, N.E.Korsunskaya, I.V.Markevich, G.S.Pekar, A.F.Singaevsky, M.K.Sheinkman*

Institute of Semiconductor Physics, Ukrainian National Academy of Sciences,  
252650 Kiev, the Ukraine

A method for forming photoconductivity distribution in CdS single crystal under external electric field is proposed. The method allows to control the width of the region «purified» of mobile donor defects.

---