

**ВЛИЯНИЕ БОМБАРДИРОВКИ ИОНАМИ  $Ar^+$  НА ЭЛЕКТРОННЫЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК CdS**

**Ж.Ш. Содикжанов<sup>1</sup>, Б.Е. Умирзаков<sup>2</sup>, З.А. Исаханов<sup>1</sup>,**

Изучено влияние бомбардировки ионами  $Ar^+$  на состав, зонно-энергетические параметры и оптические свойства пленок CdS. Показано, что при низких дозах ионов  $Ar^+$  ( $D \leq 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ) поверхность обогащается атомами S, а при высоких дозах ( $D \geq 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ) атомами Cd.

**INFLUENCE OF THE BOMBARDMENT OF THE  $Ar^+$  IONS ON ELECTRONIC AND OPTICAL CHARACTERISTICS OF THE CdS FILMS**

**J.Sh. Sodikjanov<sup>1</sup>, B.E. Umirzakov<sup>2</sup>, Z.A. Isakhanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Ion-Plasma and Laser Technology, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Durmon yuli 33, 100125, Uzbekistan. Tel.:

+99893-565-10-89; E-mail: [za.isakhanov@gmail.com](mailto:za.isakhanov@gmail.com)

<sup>2</sup>Tashkent State Technical University, University 2, 100095, Tashkent, Uzbekistan. E-mail: [ftmet@rambler.ru](mailto:ftmet@rambler.ru)

The studied influence of the bombardment of the  $Ar^+$  ions on composition, zone-energy parameters and optical characteristics of the CdS films. It is shown that under low dose  $Ar^+$  ions ( $D \leq 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ) surface is enriched with the S atoms, under the high doses ( $D \geq 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$ ) with the Cd atoms.

В настоящее время хорошо изучено влияние лазерного отжига, прогресса, электронной бомбардировки и бомбардировки ионами  $O_2^+$  на оптические свойства пленок CdS [1 – 8]. В частности установлено, что наличие некоторого количества кислорода (до  $\sim 10^{20} \text{ см}^{-3}$ ) приводит к существенному изменению спектра фотолуминесценции и некоторому уменьшению ширины запрещенной зоны  $E_g$  пленки CdS. Изучено также влияние

$$\theta = 1 - \frac{K_\delta}{K_0}$$

Результаты расчета для разных доз представлены на рис. 2 (кривая 1). Из рис. 2 видно, что при бомбардировке CdS ионами  $Ar^+$  зависимость  $C_{Cd}(D)$  проходит через минимум при  $D = 10^{15} \text{ см}^{-2}$ . В интервале  $D = 10^{15} - 8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$   $C_{Cd}$  почти линейно растет от 30 ат.%. до 80 – 85 ат.%, а затем скорость роста замедляется и начиная с  $D = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$  концентрация Cd практически не меняется и устанавливается на уровне 80 – 85 ат.%. Эти результаты показывают, что при низких дозах ионов  $Ar^+$  после разложения CdS на составляющие атомы S преимущественно диффундируют к поверхности и поверхность обогащается атомами серы.

На рис. 3 приведены профили распределения атомов S по глубине для CdS, бомбардированного ионами  $Ar^+$  с  $E_0 = 1 \text{ кэВ}$  при  $D = 6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ . Видно, что до глубины  $d = 5 - 10 \text{ \AA}$  концентрация S заметно не меняется. В интервале  $d = 10 - 30 \text{ \AA}$  зависимость  $C_S(d)$  почти линейно растет от 3 – 5 ат.% до 40 – 42 ат.%, а при  $d > 35 - 40 \text{ \AA}$  практически не изменяется и стабилизируется на уровне 45 – 50 ат.%.

Таким образом, зависимости коэффициента пропускания света пленки CdS при бомбардировке ионами  $Ar^+$  с  $E_0 = 1 \text{ кэВ}$  при разных дозах показали, что с ростом дозы значение K в исследуемой области энергии фотонов ( $h\nu = 0.6 - 3 \text{ эВ}$ ) монотонно уменьшается. До дозы  $D = 5 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$  ширина запрещенной зоны практически не меняется. При  $D \geq 10^{16} \text{ см}^{-2}$  границы соседних участков начинают перекрывать друг друга и коэффициент прохождения света и  $E_g$

бомбардировки ионами  $Ar^+$  и  $Va^+$  на электронные свойства CdTe [9, 10]. В данной работе изучено влияния бомбардировки ионами  $Ar^+$  на состав, коэффициент преломления света и ширину запрещенной зоны CdS.

Объектами исследования являлись поликристаллические пленки CdS n - типа с толщиной  $\sim 1 \text{ мкм}$ , выращенных на поверхности  $SnO_2$ -стекло [2]. Исследования проводили с использованием методов ОЭС, ФЭС, ДБЭ путем измерения зависимости коэффициента пропускания света от энергии фотонов в интервале  $h\nu = 0.6 - 3 \text{ эВ}$ . Профили распределения атомов по глубине определяли методом ОЭС в сочетании с послыйным травлением поверхности ионами  $Ar^+$  с  $E_0 = 2 \text{ кэВ}$  под углом  $5 - 10^\circ$  относительно поверхности образца. Поверхностная концентрация

Cd составляет  $\sim 45 - 48 \text{ ат.}\%$ , S -  $\sim 50 - 52 \text{ ат.}\%$ , а кислорода 1 – 2 ат.%. На рисунке 1 приведены зависимости коэффициента пропускания света K от энергии фотонов для CdS.  $K_0$  – коэффициент пропускания света до бомбардировки,  $K_\delta$  – после бомбардировки. В случае чистого CdS зависимость  $K(h\nu)$  в интервале  $h\nu = 0.6 - 2.2 \text{ эВ}$  практически не меняется, в интервале  $2.2 - 2.3 \text{ эВ}$  экспоненциальна, а в интервале  $2.3 - 2.4 \text{ эВ}$  линейно (резко) уменьшается приближаясь к нулю. Экстраполяция этой части кривой к оси  $h\nu$  равна  $2.42 \text{ эВ}$ , что дает оценочные значения  $E_g$  пленки CdS. При низких дозах облучения  $D = 5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$  ионы  $Ar^+$  попадают на отдельные участки поверхности [10]. Средние размеры этих участков составляют  $\sim 10 - 15 \text{ нм}$ , а расстояние между центрами соседних участков  $\sim 50 - 60 \text{ нм}$ .

резко уменьшается. Оценены дозные зависимости коэффициента пропускания света и степень покрытия поверхности нанофазами.

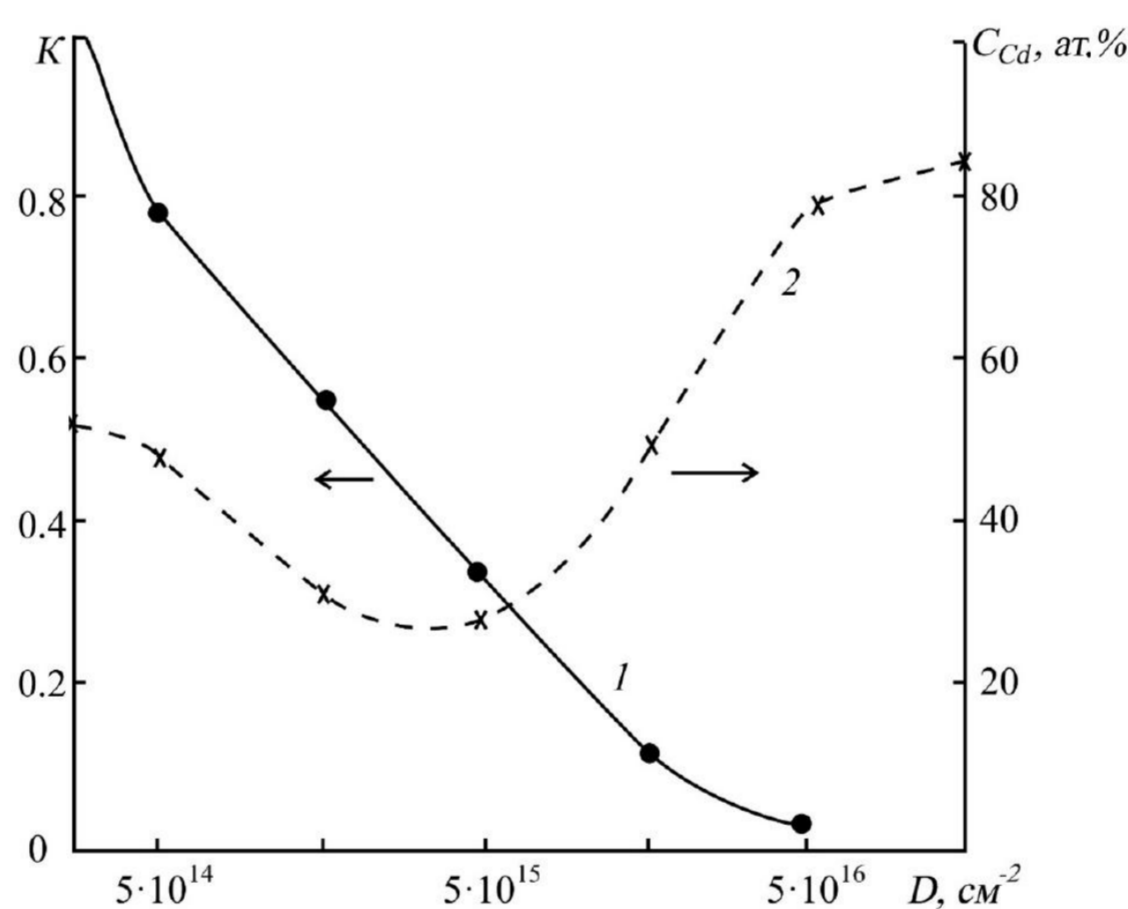


Рис. 2. Зависимости K (кривая 1) и поверхностной концентрации Cd (кривая 2) от дозы облучения для CdS, бомбардированного ионами  $Ar^+$  с  $E_0 = 1 \text{ кэВ}$ .

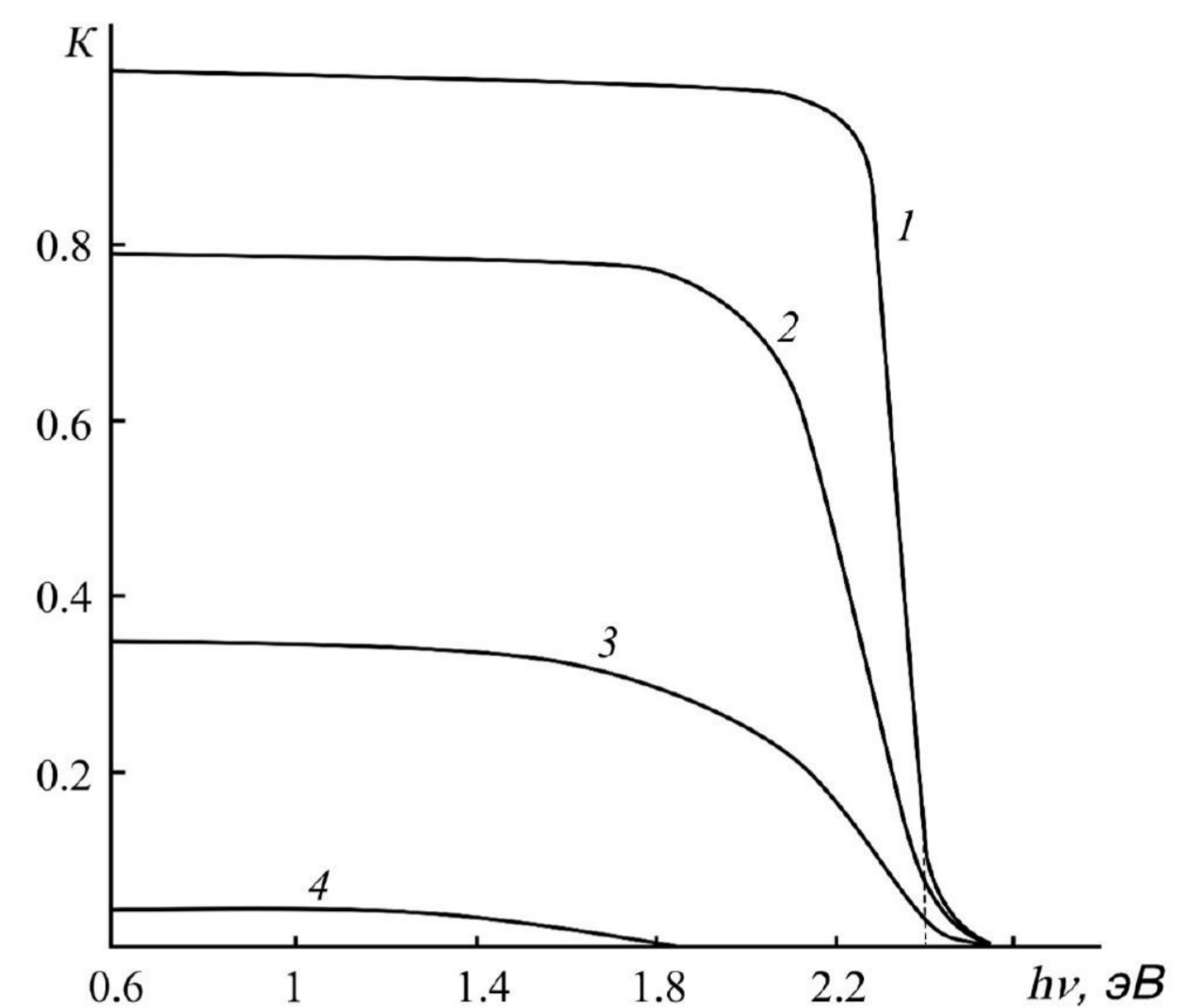


Рис. 1. Зависимости коэффициента пропускания света K от энергии фотонов для CdS, бомбардированного ионами  $Ar^+$  с  $E_0 = 1 \text{ кэВ}$  при дозах D,  $\text{см}^{-2}$ : 1 – 0 (чистый CdS), 2 –  $5 \cdot 10^{14}$ , 3 –  $5 \cdot 10^{15}$ , 4 –  $6 \cdot 10^{16}$ .

С ростом дозы ионов размеры бомбардированных участков увеличиваются. При  $D = 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$  вся облученная поверхность полностью разупорядочивается, все молекулы CdS в ионно-бомбардированном слое разлагаются. K в зависимости от дозы можно оценить степень покрытия поверхности нанофазами по формуле

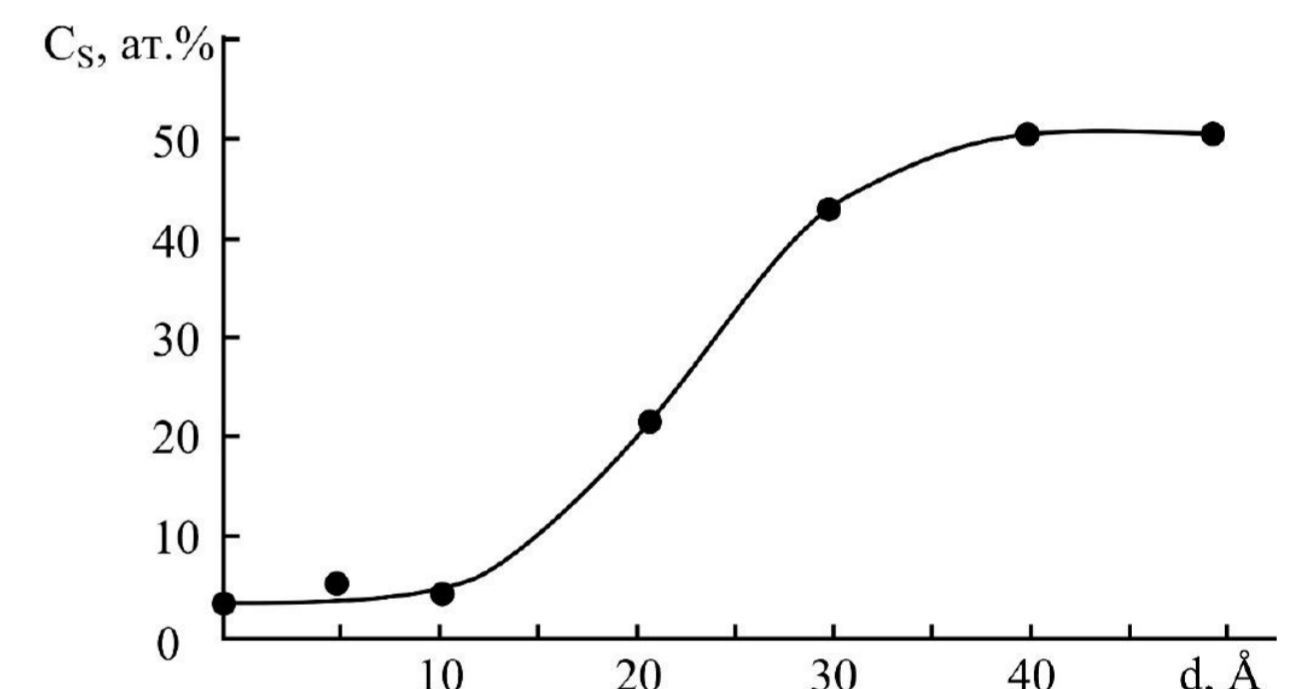


Рис. 3. Профили распределения S по глубине CdS, бомбардированного ионами  $Ar^+$  с  $E_0 = 1 \text{ кэВ}$  при  $D = 6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ .

**ЛИТЕРАТУРА**

1. А.С. Ворох, С.З. Назарова, Н.С. Кожевникова, ФТТ **54** (6), 1228 (2012).
2. Ж. Жанабергенов, Ш.А. Мирсагатов, С.Ж. Каражанов, Неорг. материалы. **41**, 55 (2005).
3. П.Н. Ткачук, ФТТ **42** (11), 1961 (2000).
4. N.K.Morozova, N.D. Danilevich, A.A. Kanakhin Physica Status Solidi C **7** (6), 1501 (2010).
5. V. Kumar, T.P. Sharma, Optical materials **10**, 253 (1998).
6. Y.P. Venkata Subbaiah, P. Prathap, K.T.R. Reddy, D. Mangalaraj, K. Kim, J. Yi, J. Phys. D: Appl. Phys **40**, 3683 (2007).
7. П.Н. Крылов, Э.А. Романов, И.В. Федотова, ФТП **45** (1), 127 (2011).
8. Д.М. Седракин, П.Г. Петросян, Л.Н. Григорян, ЖТФ **85** (5), 94 (2015).
9. Y.S. Ergashov, D.A. Tashmukhamedova, F.G. Djurabekova, B.E. Umirzakov, Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics **80** (2), 138 (2016).
10. Z.E. Mukhtarov, Z.A. Isakhanov, B.E. Umirzakov, T. Kodirov, E.S. Ergashev, Technical Physics **60** (12) 1880 (2015).