

Исследование морфологии поверхности и микротвёрдости кристаллов ZnSe при электронном облучении

М.Ю. Ташметов
Институт ядерной физики АН РУз
Ташкент, Узбекистан
mannab@inp.uz

Б.Н. Мадаминов
Институт ядерной физики АН РУз
Ташкент, Узбекистан
madaminov.b@inp.uz

Ш.М. Махкамов
Институт ядерной физики АН РУз
Ташкент, Узбекистан
makhkamov@inp.uz

Н.Б. Исматов
Институт ядерной физики АН РУз
Ташкент, Узбекистан
normamat@inp.uz

Аннотация — Исследовано влияние электронного облучения с энергией 2 МэВ и различными флюенсами на морфологию поверхности и микротвёрдость кристаллов селенид цинка (ZnSe). Установлено, что электронное облучение приводит к уменьшению шероховатости поверхности и росту микротвёрдости. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности метода электронного облучения для модификации структурных и механических свойств ZnSe, что может быть полезно при использовании в оптоэлектронных устройствах.

Ключевые слова — селенид цинка, электронное облучение, морфология поверхности, шероховатость, микротвёрдость.

I. ВВЕДЕНИЕ

Кристаллы ZnSe представляют собой широкозонный полупроводниковый материал и находит широкое применение в области оптоэлектроники при изготовлении фотодетекторов и компонентов инфракрасной оптики [1].

Одним из ключевых факторов, существенно влияющих на функциональные характеристики таких материалов, являются их морфологические и механические свойства. Эти характеристики определяют не только эффективность работы изделий на их основе, но и их устойчивость к внешним воздействиям. В частности, электронное облучение является одним из управляемым технологическим способом модификации структуру поверхности и размеры кристаллитов, а также их микротвёрдость.

Настоящая работа посвящена именно изучению влияния высокоэнергичного электронного облучения на структурные и физико-механические свойства ZnSe.

Исследуемые кристаллы ZnSe были выращены методом газофазного химического осаждения (CVD), а изготовленные образцы были облучены электронами с энергией 2 МэВ на ускорителе «Электроника У-003» [2].

Морфология поверхности была исследована методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) на сканирующем зондовом микроскопе SPM-9700HT, а микротвёрдость измерялась на стационарном твердомере по методу Виккерса HVS-1000A.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

АСМ-исследования показали, что с увеличением флюенса электронов ширина (R_a) и высота (R_z) шероховатостей поверхности уменьшаются. В исходном образце значения R_a и R_z составляют 168 нм и 1628 нм соответственно. После облучения с флюенсом от $5,0 \times 10^{16}$ электрон/см² до $2,5 \times 10^{17}$ электрон/см² они снижаются до 21 нм и 219 нм (Табл.1). Это свидетельствует о сглаживании поверхности кристаллов ZnSe под действием электронного облучения. Снижение шероховатости можно объяснить перестройкой поверхности, вызванной радиационно-стимулированной диффузией атомов и релаксацией внутренних напряжений.

Таблица I. ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ШИРИНЫ (R_a) И ВЫСОТЫ (R_z) БУГОРКОВ ШЕРОХОВАТОСТЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ КРИСТАЛЛА ZnSe ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Флюенс, 10^{17} электрон/см ²	R_a , нм	R_z , нм
до обл.	168	1628
0,5	130	882
1,0	103	468
1,5	53	369
2,0	32	241
2,5	21	219

Таблица II. МИКРОТВЕРДОСТЬ ИСХОДНОГО И ОБЛУЧЕННОГО РАЗНЫМИ ФЛЮЕНСАМИ ЭЛЕКТРОНОВ КРИСТАЛЛА ZnSe ПРИ НАГРУЗКЕ 100 г

Флюенс, 10^{17} электрон/см ²	Микротвёрдость	
	(HV)	(ГПа)
До обл.	35,38±0,01	0,347±0,001
0,50	36,22±0,02	0,355±0,002
0,75	37,06±0,01	0,363±0,001
1,00	37,28±0,02	0,366±0,002
1,50	38,11±0,03	0,374±0,003
2,00	38,90±0,01	0,382±0,001
2,50	41,50±0,02	0,407±0,002

Из анализа влияния электронного облучения (Табл.2) установлено, что микротвёрдость ZnSe увеличивается с ростом флюенса электронного облучения. В необлучённом состоянии микротвёрдость составляет

0,347 ГПа. При флюенсе $2,5 \times 10^{17}$ электрон/см² она возрастает до 0,407 ГПа, что соответствует увеличению на 17%.

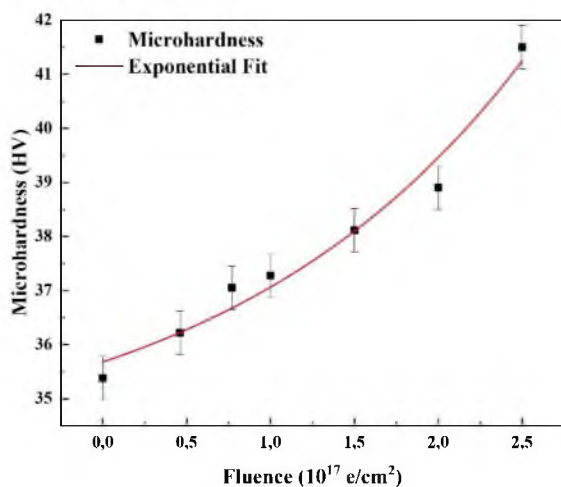


Рис. 1. Зависимость микротвердости кристалла ZnSe от облучения различными флюенсами электронов.

С помощью аппроксимации полученных экспериментальных данных установлен характер

зависимости (Рис.1) микротвердости (H) кристалла ZnSe от флюенса (F) электронов в виде: $H = 33,78 + 1,90 e^{0,55 \cdot F}$ (HV).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом на основе полученных результатов выявлено, что облучение монокристаллов ZnSe электронами с энергией 2 МэВ приводит к значительным изменениям в морфологии поверхности и микротвердости данного материала. При этом шероховатость поверхности уменьшается с ростом флюенса облучения, что свидетельствует о изменении размера однородности структуры, а увеличение микротвердости до 17% связано снижением дефектности структуры кристалла.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ho, S.M. ZnSe films: Properties and applications / S.M. Ho // International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. – 2023. – Vol. 24, No. 6. – P. 307–319.
- [2] Tashmetov, M.Yu. Radiation treatment complex on the base of the Electronics U-003 electron accelerator / M.Yu. Tashmetov, N.B. Ismatov, R.P. Saidov, Sh.M. Makhkamov // Problems of Atomic Science and Technology. – 2017. – Vol. 5, No. 111. – P. 91–97.