

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В СУЛЬФИДЕ КАДМИЯ, ОБЛУЧЕННОМ ПРОТОНАМИ И ИОНАМИ ГЕЛИЯ

А.Н. Георгобиани, В.Г. Дюков, А.Д. Левит, В.Б. Митюхляев, О.Е. Струмбан, П.А. Тодуа

УДК 535.376

Измерялась интенсивность катодолюминесценции из микрообластей образцов сульфида кадмия после их облучения протонами и ионами гелия при температурах 80 и 300 К. Определен профиль распределения дефектов по глубине облученной области, который находится в хорошем соответствии с теорией Лундхарда – Шарфа – Шютта.

Собственные дефекты в монокристаллах A_2B_6 и, в частности, в сульфиде кадмия во многом определяют их электрофизические, оптические и люминесцентные свойства. Облучение сульфида кадмия ионами инертных газов и протонами позволяет создавать в нем собственные дефекты.

Исследовались объемные монокристаллы сульфида кадмия ($\rho \sim 10 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, $\mu \sim 300 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ при $T = 300 \text{ К}$), выращенные по методу Маркова /1/, механически обработанные и протравленные в 40% $\text{HCl} + \text{CrO}_3$ (1 : 1,5) в течение 10 минут. Образцы облучались ионами гелия и протонами с энергией 300 кэВ и дозами до 10^{16} см^{-2} при $T = 300 \text{ К}$.

Измерялась интенсивность микрокатодолюминесценции образцов до и после их облучения при температурах 80 и 300 К. Энергия электронного пучка варьировалась в пределах $5 \div 45 \text{ кэВ}$, плотность тока составляла 10^{-2} А/см^2 . В спектрах облученных образцов гасятся экситонная и зеленая полосы люминесценции и появляется широкая красная полоса с максимумом при $\sim 720 \div 740 \text{ нм}$ /2/.

С целью получения информации о профиле распределения дефектов по глубине облученной области электронный пучок направлялся нормально к облученной поверхности образца, а спектры катодолюминесценции, снятые при различных энергиях электронов, сравнивались между собой и со спектром необлученной области.

Расчет глубины проникновения x электронов проводился по формуле /3/

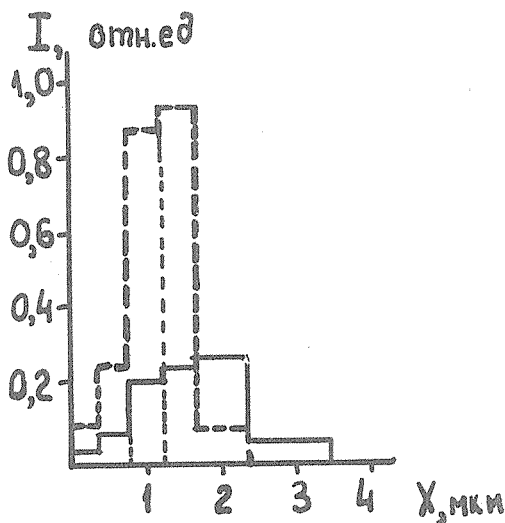
$$x = 1,1 \cdot 10^2 \rho^{-1} (\sqrt{1 + 22,4E_p^2} - 1), \quad (1)$$

где x — глубина проникновения электронов в мкм, ρ — плотность кристалла в г/см^3 , E_e — энергия электронов в мегаэлектронвольтах. Рассчитанные по формуле (1) глубины проникновения для разных энергий электронного пучка приведены в таблице 1.

Таблица 1

E_p , кэВ	5	10	16	21	26	31	37	42
X , мкм	0,064	0,25	0,64	1,13	1,73	2,3	3,45	4,5

Качественный вид профиля распределения дефектов по глубине облученного слоя как для протонов, так и для ионов гелия (рис. 1) определялся по приращению интенсивности красной полосы люминесценции как



Р и с. 1. Гистограммы зависимости приращения интенсивности красной полосы люминесценции сульфида кадмия, облученного протонами (сплошная линия) и ионами гелия (пунктир), от глубины проникновения электронного пучка

функции глубины проникновения (энергии) электронного пучка. Полученный таким образом профиль сравнивался с рассчитанными значениями концентрации внедренных ионов гелия и протонов по глубине облученного слоя. Расчет концентрационного профиля проводился по формуле [4,5]

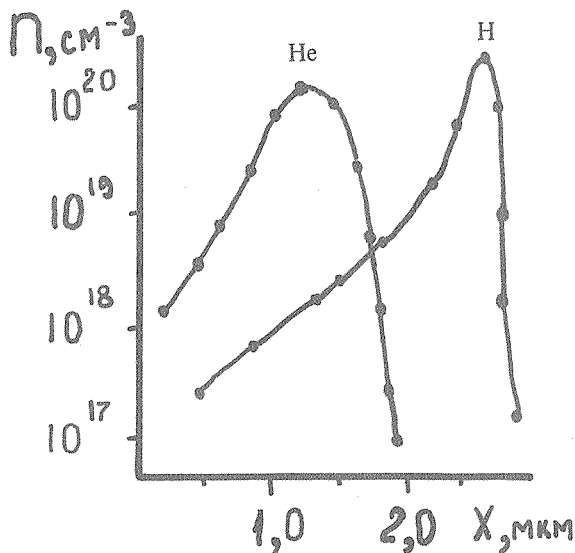
$$n(x) = 10^8 \frac{D}{\Delta R_p \sqrt{2\pi}} F^P(X), \quad (2)$$

где $n(x)$ — концентрация внедренной примеси, ион/см³, x — глубина, Å, D — доза ионов, ион/см², ΔR_p — среднеквадратичный разброс пробегов заряженных частиц, Å, $F^P(X)$ — значение табулированной функции Пирсона с асимметрией, соответствующей энергии заряженных частиц, X — безразмерная величина, определяемая из соотношения

$$X = (x - R_p) / \Delta R_p, \quad (3)$$

где R_p — средний проективный пробег заряженных частиц, Å.

Значения R_p и ΔR_p , необходимые для проведения вычислений по формуле (3), приведены в /5/ для ограниченного набора материалов мишеней, отличающихся значениями атомарной плотности (атом/см³). Атомарная плотность N определялась из соотношения $N = 60,63d / (M_1 + M_2)$, где N — атомарная плотность в единицах 10²² атом/см³, d — плотность, г/см³, M_1 и M_2 — атомные массы соответственно первой и второй компоненты бинарного соединения.



Р и с. 2. Рассчитанные значения концентрации внедренных ионов гелия He^+ и протонов H^+ по глубине облученного слоя

Плотность CdS составляет $4,82 \text{ г/см}^3$ /6/, атомные массы Cd и S соответственно 112,40 и 32,064; таким образом $N_{\text{CdS}} = (2,02 \pm 0,002) \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Наиболее близким по параметру N к сульфиду кадмия из материалов, представленных в /5/, является фосфид индия, $N_{\text{InP}} = (1,97 \pm 0,005) \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Таким образом, расхождение в атомарных плотностях этих двух материалов не превышает 2,5%. При проведении расчетов по формуле (2) нами использовались данные из /5/, представленные для InP.

На рис. 2 приведены концентрационные профили распределения ионов гелия и протонов в сульфиде кадмия, рассчитанные для энергий заряженных частиц 300 кэВ и дозы $\sim 10^{16} \text{ см}^{-2}$.

Из рис. 1 и 2 видно, что экспериментально определенные профили распределения и теоретически рассчитанные для ионов гелия и протонов находятся в хорошем качественном соответствии.

Поступила в редакцию 27 декабря 1983 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е.В. Марков, А.А. Давыдов, Изв. АН СССР, сер. Неорг. матер., 11, 1755 (1975).
2. А.Н. Георгобиани и др., Тезисы 7-ой Межд. конф. "Ионная имплантация в полупроводниках и других материалах", Вильнюс, 1983 г., с. 369.
3. А.П. Храмцов, Диссертация. МИСИС, М., 1982 г.
4. J. Lindhard, M. Scharff, H.E. Schiott, Kgl. Dan. Vid. Selsk. Matfys Medd., 33, 14 (1963).
5. А.Ф. Буренков и др., Таблицы параметров пространственного распределения ионно-имплантированных примесей. Справочник. изд. БГУ, Минск, 1980 г.
6. П.И. Баранский, В.П. Клочков, И.В. Потыкевич. Полупроводниковая электроника. Справочник. "Наукова Думка", Киев, 1975 г.