

$$\alpha = \frac{4}{9Za_0} \left(\sum_k \langle r_k^2 \rangle \right)^2. \quad (6)$$

Величины $\langle r_k^2 \rangle$ взяты из таблиц Бандт и Тржасковской [4] для Zn^{2+} , O, а для Fe^{3+} и Ni^{2+} они приняты как для Mn^{2+} из того же источника; Z — атомный номер элемента, a_0 — борковский радиус. Величины поляризуемостей ионов Ni^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} и атома O равны соответственно (0,55; 0,5; 0,73; 0,96) · 10^{-24} см³. Поляризуемость валентных электронов ионов O^{2-} вычисляли на основании количества магнитных связей на катион ($m = 7,8$) и величины поляризуемости на одну связь ($\alpha_{m=1} = 0,2 \cdot 10^{-24}$ см³), определенных в работе [5]. Тогда величина $\alpha_{O^{2-}} = 2,52 \cdot 10^{-24}$ см³.

N_i — количество ионов данного типа. Второе слагаемое в (5) — ионная диэлектрическая проницаемость по Сигети. Эффективный заряд q^* шпинели $Ni_{0,8}Zn_{0,2}Fe_2O_4$, определенный из соотношения $q^*(n) = 2 - 0,015n^2$ [5], где $n = 3,9$ — среднее на катион значение количества нескомпенсированных по спину $3d$ -электронов, равен $1,78e$. Среднее значение квадрата частоты резонансных колебаний ионов $\bar{\omega}_0^2 = 1,13 \cdot 10^{28}$ с⁻² определено линейной интерполяцией $\bar{\omega}_0^2$ соединений $NiFe_2O_4$ и $ZnFe_2O_4$ [6]; \bar{M}_1 — средняя мас-са катионов, M_2 — масса аниона, N_A — число Авогадро, $\rho = 4,68$ г/см³ — плотность кристалла. При указанных значениях величин, входящих в (5), получили $\epsilon_{эл} = 7,97$, $\epsilon_{ион} = 5,89$. Таким образом, сумма электронной и ионной проницаемостей $\epsilon_{эл} + \epsilon_{ион} = 13,86$ хорошо согласуется с экспериментальным значением высокочастотного предела $\epsilon'(\omega)$.

1. Богородицкий Н. П., Волокобинский Ю. М., Воробьев А. А., Тареев Б. М. Теория диэлектриков. М.; Л., 1965.

2. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978.

3. Крупичка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. М., 1976. Т. 2.

4. Бандт И. М., Тржасковская М. Б. Таблицы собственных значений электронов, плотностей вблизи нуля и средних значений в самосогласованных полях атомов и ионов $2 \leq Z \leq 52$. Л., 1974.

5. Данилькевич М. И. // Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. Мн., 1991.

6. Waldron R. D. // Phys. Rev. 1955. V. 99. P. 1727.

Поступила в редакцию 06.03.95.

УДК 621.91:621.039

В. И. БОЛТУШКИН, В. П. ГОЛЬЦЕВ,

М. В. ГОЛЬЦЕВ, В. В. ЧАЕВСКИЙ

КОРРЕЛЯЦИЯ ПАРАМЕТРА РЕШЕТКИ И СОСТАВА В МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ ТИПА НИТРИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

The influence of metallic component concentration on the crystal lattice parameter of triple nitrides Ti—Mo—N, Ti—Zr—N, Ti—Cr—N and Zr—Cr—N was studied. It was established that the crystal lattice parameter of these systems changer in accordance with Vegard's law.

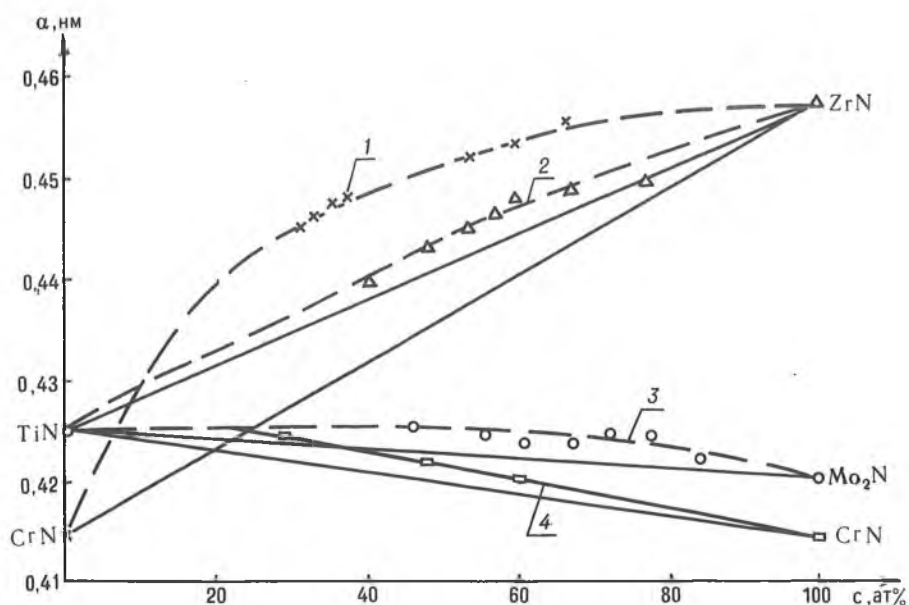
В последнее время с целью модификации структуры и свойств поверхности твердых тел получили развитие ядерно-физические методы, и в частности ионно-плазменные способы формирования тонкопленочных слоев химических соединений типа нитридов, боридов и т. п., обладающих высокими износо- и коррозионной стойкостью и твердостью [1, 2]. Ранее было показано, что нанесение на поверхность покрытий в виде двойных систем, например Ti—N, Zr—N, имеющих кубическую кристал-

лическую решетку типа NaCl, приводит к заметному упрочению поверхности [3]. Естественно предположить, что усложнение состава соединений при сохранении исходной структуры могло бы в еще большей степени повысить уровень их физико-механических свойств.

Параметр решетки исследуемых нитридов

Нитрид	Значение параметра решетки, нм		$\frac{a_1 - a_3}{a_3}, \%$
	теоретическое, a_T	экспериментальное, a_3	
TiN	0,4340	0,4249	2,1
ZrN	0,4600	0,4537	1,4
Mo ₂ N	0,4180	0,4168	0,3
CrN	0,4120	0,4148	0,7

Целью настоящей работы явилось изучение стабильности кристаллической структуры, корреляции параметров решетки, состава тройных нитридов переходных металлов IV и VI групп и их соответствие закону Vegarda. Многокомпонентные покрытия получали осаждением ионов Ti, Zr, Cr, Mo из плазмы электродугового разряда в среде азота [2, 3]. Кристаллическую структуру и параметр решетки определяли рентгеновским методом, при этом съемку дифракционных линий вели в режиме шагового движения гониометра, а регистрацию — в режиме постоянной времени.



Параметр кристаллической решетки нитридов в зависимости от концентрации третьего компонента (— расчет, - - - - эксперимент):
1 — система CrN—ZrN, 2 — TiN—ZrN, 3 — TiN—Mo₂N, 4 — TiN—CrN

Используя представления о кристаллической решетке как о плотной упаковке, где атомы представлены в виде шаров с определенным радиусом, на первом этапе были выполнены расчеты параметров решеток двойных (TiN, ZrN, CrN, Mo₂N) и тройных (Ti—Mo—N, Zr—Mo—N,

Ti—Zr—N, Ti—Cr—N, Zr—Cr—N) нитридных систем, результаты которых представлены в таблице и на рисунке. Как видно из таблицы, расчетные оценки параметров кристаллических решеток двойных нитридов находятся в хорошем согласии с экспериментом. Расчетные значения параметров решеток тройных нитридных систем в зависимости от концентрации металлического компонента в них, как следует из рисунка, характеризуются линейным законом. Это обстоятельство, согласно правилу Вегарда, однозначно указывает на формирование тройных систем нитридов со структурой твердых растворов.

Анализ рентгеновских данных, полученных от образцов тройных нитридов с различной концентрацией одного из металлических компонентов, показал, что, во-первых, на дифрактограммах присутствуют только линии, характерные ГЦК-решетке, т. е. решетке типа NaCl соответствующих двойных нитридов TiN, ZrN, Mo₂N и CrN. И, во-вторых, параметр тройных нитридов, как видно из рисунка, монотонно изменяется по мере изменения концентрации в них металлического компонента. Одновременно с этим следует заметить, что изменение параметра решетки тройных нитридов от концентрации подчиняется закону Вегарда с отклонением в положительную сторону для всех рассмотренных нами нитридов. Принимая во внимание тот факт, что двойные нитриды TiN, ZrN, Mo₂N и CrN существуют в довольно широком интервале концентраций компонентов, положительное отклонение от закона Вегарда может быть связано со скоплением атомов переходных металлов, отклонением химического соединения от стехиометрии, но с сохранением при этом фазовой стабильности.

1. Гольцев В. П., Гоев А. И., Карпенко Г. Д. и др. Опыт научно-исследовательских организаций, предприятий и строок по антикоррозионной защите материалов: Тез. докл. конф. Гродно, 1985. С. 25.

2. Киселевский Л. И., Гольцев В. П., Чаевский В. В. и др. Физические основы синтеза сложных по составу нитридных и карбидных покрытий методом совмещения плазменных потоков // Структурно-морфологические основы модификации материалов методами нетрадицион. технологий: Тез. докл. I Всесоюз. семинара. Обнинск, 1991, С. 93.

3. Киселевский Л. И., Гольцев М. В., Ходасевич В. В. // Ионно-лучевая модификация материалов. Черногловка, 1987. С. 55.

Поступила в редакцию 04.09.95.

УДК 621.315.592

О. П. ЕРМОЛАЕВ

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА ДИЭЛЕКТРИК-МЕТАЛЛ В ГЕРМАНИИ, «ЛЕГИРОВАННОМ» РАДИАЦИОННЫМИ ДЕФЕКТАМИ

The dielectric-metal transition in germanium disordered by large doses of the fast reactor neutrons has been studied.

Проблема перехода диэлектрик-металл (ПДМ) занимает особое место в физике неупорядоченных систем. Обычно исследования ПДМ проводятся на полупроводниковых кристаллах, легированных химическими примесями.

В настоящем сообщении рассматриваются особенности ПДМ в кристаллическом германии, «легированном» радиационными дефектами (РД) с мелкими уровнями E_v+16 мэВ, свойства которых были изучены ранее [1].

Из анализа низкотемпературных (4,2—300 К) зависимостей удельного сопротивления образцов чистого (нелегированного) германия, облучен-