

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постоянное тепловое возбуждение обеспечивает устойчивое создание неклассических состояний в системах, подверженных вместе с НКП линейным потерям. Однако такие состояния сильно отличаются от получаемых в системах с чистыми НКП. В случае определенной управляющей НКП функции приблизить генерируемые состояния к случаю чистых НКП можно, заменив постоянное тепловое возбуждение периодическим во времени. Однако при этом генерируемое состояние является более неклассическим только в среднем (по периоду возбуждения).

Литература

- A. *Mikhalychev, D. Mogilevtsev, S. Kilin*. Nonlinear coherent loss for generating non-classical states // J. of Phys. A: Math. Theor. Vol. 44. 2011. № 32. P. 325307–325323.
1. A. *Mikhalychev, D. Mogilevtsev, V. S. Shchesnovich, et al*. Overcoming Linear Dissipation by Designed Nonlinear Loss // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. Vol. 16. 2013. №2. P. 162–179.
 2. D. *Mogilevtsev, V. S. Shchesnovich*. Single-photon generation by correlated loss in a three-core optical fiber // Optt. Lett. Vol. 35. 2010. № 35. P. 3375–3377.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СИСТЕМЫ Ti-Zr-Si-N

1.А. М. Сувалов

ВВЕДЕНИЕ

Особый интерес представляют нитриды переходных металлов групп IVA-VIA, характеризующиеся высокой твердостью, термической и коррозионной устойчивостью. Так, TiN обладает высокой твердостью, а ZrN – коррозионной устойчивостью. У более сложных по составу покрытий TiZrN проявляется наследование этих свойств. При легировании Si в TiN у системы Ti-Si-N обнаруживается сверхвысокая твердость [1]. Таким образом, ожидается, что покрытия Ti-Zr-Si-N будут характеризоваться более высокой твердостью, термической и коррозионной устойчивостью, чем моонитридные покрытия.

1.МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Тонкопленочные покрытия Ti-Zr-Si-N толщиной ~400 нм были сформированы методом реактивного магнетронного распыления, а именно: одновременным осаждением материала трех катодных мишеней (Ti, Zr, Si) в атмосфере Ar+N₂ на кремневые подложки при температуре 600 °С. Изме-

нение концентрации Si в покрытиях осуществлялось путем варьирования мощности тока от 160 до 250 Вт на кремниевом катоде, в то время как мощность тока на катоде Ti и Zr была постоянной: 250 и 220 Вт соответственно, что обеспечивало одинаковое содержание Ti и Zr в покрытиях. Элементный состав устанавливался методом резерфордовского обратного рассеяния (POP). Обработка спектров POP проводилась с использованием математического пакета SIMNRA Program 6.06 [2]. Фазовый анализ проводился методом рентгеноструктурного анализа на установке Rigaku Ultima IV с использованием медного излучения (0,15406 нм).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Качественный элементный анализ покрытий проводился путем сопоставления середины правого края пика энергетического спектра со значениями кинематического фактора. Кроме Ti, Zr, Si, N были обнаружены небольшие примеси Hf (порядка 0,2%). Из платообразности протяженной полки от сигнала азота можно сделать вывод о том, что элементы распределены в покрытиях равномерно. Количественный элементный анализ в первом приближении проводился измерением высоты сигналов от циркония, титана, кремния и азота. Далее с помощью метода машинного моделирования эти значения последовательно уточнялись до тех пор, пока теоретический спектр не начинал соответствовать экспериментальному. Толщины покрытий оценивались по формуле:

$$E = \varepsilon Nt, \quad (1)$$

где ε – тормозное сечение Zr, Ti, Si, N,

Nt – слоевая концентрация.

Из рис. 1 видно, что с ростом мощности тока на катоде кремния, концентрация кремния возрастает.

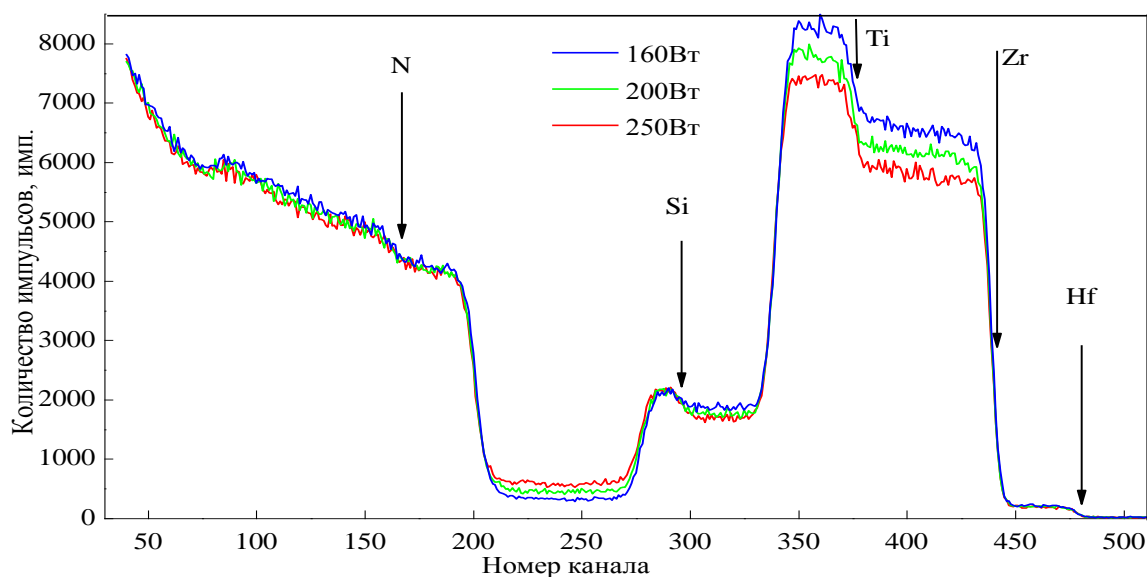


Рис. 1. Спектры POP от покрытий TiZrSiN с разной концентрацией кремния

В таблице представлен рассчитанный элементный состав тонкопленочных систем Ti-Zr-Si-N. Концентрация кремния изменяется от 9,5 до 16,7 ат. %. При чем погрешность определения концентрации –1,0 ат. %.

Согласно рентгеноструктурному анализу основной фазой тонкопленочной системы Ti-Zr-Si-N является твердый раствор замещения (TiZr)N (рис. 2). Однако, на рентгенограммах не проявляются пики, соответствующие фазам кремния, что может свидетельствовать о том, что кремниевая фаза находится в аморфном состоянии. Это предположение подтверждаются литературными данными, которые говорят о том, что твердый раствор окружен аморфной матрицей SiN_x [3].

Табл.

Элементный состав тонкопленочных систем Ti-Zr-Si-N

Хим. элемент	Мощность на катоде кремния, Вт		
	160	200	250
	Концентрация, ат. %		
Ti	21,8±1,0	20,0±1,0	19,2±1,0
Zr	23,0±1,0	21,8±1,0	20,1±1,0
Si	9,5±1,0	13,1±1,0	16,7±1,0
N	45,3±1,0	44,9±1,0	43,7±1,0

Увеличение концентрации кремния приводит к изменению преимущественной ориентации твердого раствора с (111) на (200) что связано с

изменением поверхностной энергии для роста кристаллитов в этих направлениях.

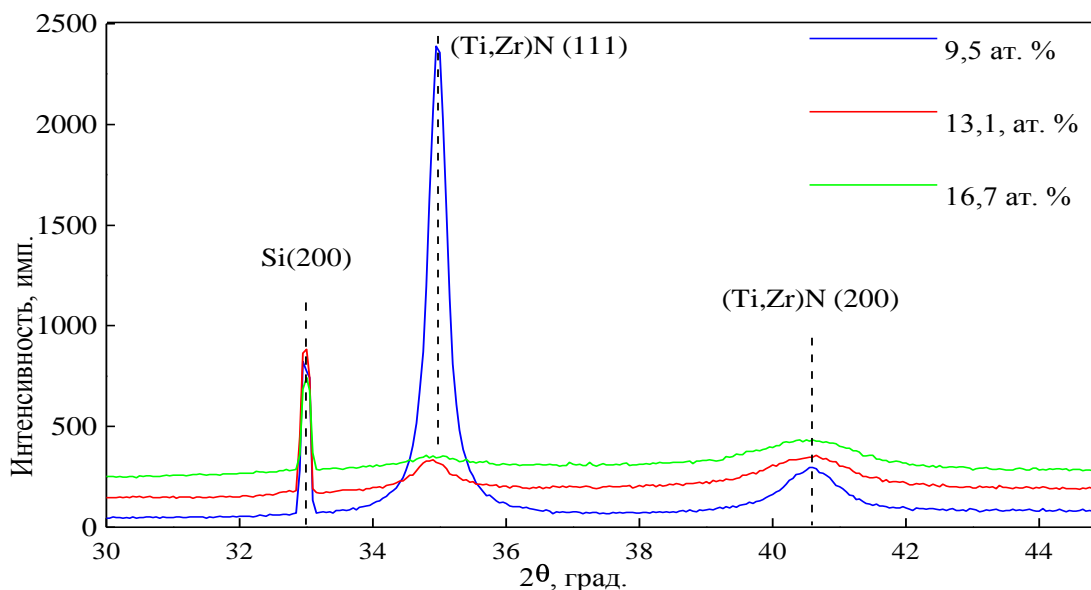


Рис. 2. Рентгенодифракционные спектры от покрытий TiZrSiN с разной концентрацией кремния

Также видно, что с ростом концентраций кремния происходит уширение дифракционных пиков, что говорит об уменьшении области когерентного рассеяния (ОКР) (рис. 3). Размеры ОКР оценивались по формуле Шеррера без учета напряжений:

$$D_{hkl} = \frac{0,94\lambda}{\beta \cos\theta_{hkl}}, \quad (2)$$

где D_{hkl} – размер ОКР,

β – ширина дифракционного пика.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ВИСМУТА

А. С. Федотов, И. А. Свито, А. В. Мазаник

ВВЕДЕНИЕ

Висмут обладает низкой теплопроводностью, высокими значениями коэффициента Холла и магниторезистивного эффекта, благодаря чему широко используется для многих практических приложений. Монокристаллы висмута в настоящее время хорошо изучены [1,2], однако дороги в получении. Поли-кристаллические плёнки существенно дешевле,