

(орторомбической) [4]. С указанными выше изменениями мы связываем наблюдаемую новую полосу поглощения в поле 3590 гаусс.

Таким образом показано, что в спектрах ЭПР нанокерамик алюмомагниевого шпинели регистрируется поглощение  $F^+$  центров. Дополнительный сигнал в спектре ЭПР может быть обусловлен изменением кристаллической структуры с кубической на орторомбическую.

1. Kiryakov A. N. et al., AIP Conference Proceedings., 2015, 020039 (2018).
2. Ibarra A. et al., Journal of nuclear materials., 336, 156 (2005).
3. Kiryakov A. N. et al., IOP Conf. Ser.: Mat. Sci. and Engin., 443, 012014 (2018).
4. Enomoto A. et al., Journal of Solid State Chemistry., 182, 389 (2009).

## **ЭВОЛЮЦИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АМОРФНЫХ ПЛЕНОК $LiNbO_3$ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА**

Дыбов В.А.<sup>1\*</sup>, Сериков Д.В.<sup>1</sup>, Сумец М.П.<sup>2</sup>, Рыжкова Г.С.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

<sup>2)</sup> Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

\*E-mail: [dybovvlad@gmail.com](mailto:dybovvlad@gmail.com)

## **EVOLUTION OF THE PHASE COMPOSITION AND ELECTRICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS $LiNbO_3$ FILMS IN THERMAL ANNEALING PROCESS**

Dybov V.A.<sup>1\*</sup>, Serikov D.V.<sup>1</sup>, Sumets M.P.<sup>2</sup>, Ryzhkova G.S.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

<sup>2)</sup> Voronezh State University, Voronezh, Russia

In this work, the change in the phase composition and the change in the electrical characteristics during the heat treatment of the films obtained in the process of high-frequency magnetron sputtering of a single-crystal  $LiNbO_3$  target are investigated. It was established that the initial films have an amorphous structure, at a temperature of 400°C, the onset of crystallization is observed with the formation of a polycrystalline film of the composition  $LiNbO_3$ . From the analysis of electrical properties, it follows that amorphous  $LiNbO_3$  films contain an embedded positive charge, the effective density of which varies during annealing and reaches a minimum at an annealing temperature of 450°C, which is apparently determined by the kinetics of oxygen vacancies in the film and corresponds to the onset of its crystallization.

В работе методом рентгеновской дифрактометрии (Bruker D2 Phaser) исследовано изменение фазового состава в процессе термической обработки (термическую обработку проводили в коаксиальной печи при температурах 300-600°C в воздушной среде в течение 1 часа) пленок толщиной около 0,3 мкм, полученных

на поверхности не подогреваемой подложки (001) Si КЭФ 4,5, в процессе высокочастотного магнетронного распыления (удельная мощность магнетрона 15 Вт/см<sup>2</sup>, дистанция от подложки до мишени 8 см, при расположении подложки в стороне от зоны эрозии мишени) монокристаллической мишени LiNbO<sub>3</sub> в среде Ar при давлении в камере 0,75 Па. Электрические свойства полученных гетероструктур исследовали методом высокочастотных (1МГц) вольт-фарадных и вольт-амперных характеристик в интервале температур 100-300К.

Установлено, что исходные пленки, синтезированные на неподогреваемой подложке, имеют аморфную структуру. Начало кристаллизации в процессе термической обработки наблюдается при 400°C, при этом наблюдается формирование кристаллической фазы, соответствующей LiNbO<sub>3</sub> с произвольной ориентацией зерен. Дальнейшее увеличение температуры отжига приводит к росту степени кристалличности, при увеличении температуры до 600°C, наблюдается формирование двухфазной поликристаллической пленки (LiNbO<sub>3</sub> и LiNb<sub>3</sub>O<sub>8</sub>).

Из анализа электрических свойств следует, что аморфные пленки LiNbO<sub>3</sub>, сформированные методом ВЧМР на неподогреваемых подложках Si, содержат встроенный положительный заряд, эффективная плотность которого меняется в процессе отжига и достигает минимума при температуре отжига 450°C что по видимому определяется кинетикой кислородных вакансий в пленке и соответствует началу ее кристаллизации. Минимум эффективной диэлектрической проницаемости также наблюдается при температуре 550°C. Вольт-фарадные характеристики исследуемых гетероструктур Si-LiNbO<sub>3</sub> определяются модуляцией области пространственного заряда приложенным напряжением по обе стороны гетероперехода Si/LiNbO<sub>3</sub>. Исходные аморфные пленки LiNbO<sub>3</sub> содержат донорные центры с концентрацией порядка  $1 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$  и распределенные равномерно по толщине пленки.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00836.*