

## ПОЛУЧЕНИЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА НА МЕТАЛЛИЧЕСКОМ ПОДСЛОЕ

© 2023 г. В. А. Лузанов\*

*Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,  
пл. Введенского, 1, Фрязино, Московской обл., 141190 Российская Федерация*

*\*E-mail: valery@luzanov.ru*

Поступила в редакцию 16.01.2023 г.

После доработки 16.01.2023 г.

Принята к публикации 25.01.2023 г.

Для увеличения эффективности работы устройств на основе пьезоэлектрических преобразователей из оксида цинка предложено использовать монокристаллические слои платины в качестве нижнего электрода. Получены эпитаксиальные монокристаллические пленки оксида цинка на металле. Показано, что данное сочетание слоев позволяет минимизировать рассогласование по параметрам решетки пленки и подложки, что существенно повышает качество полученной пьезоэлектрической пленки.

DOI: 10.31857/S0033849423050108, EDN: UHVBOK

Популярность использования пленок оксида цинка в качестве СВЧ-преобразователей акустических волн обусловлена высоким коэффициентом электромеханической связи, достаточной доступностью распыляемого материала, широким выбором методов осаждения [1–4]. Одним из наиболее распространенных методов осаждения является магнетронное распыление мишени из металлического цинка в кислородосодержащей атмосфере [1]. Данный метод характеризуется большим диапазоном скоростей напыления, высокой однородностью получаемых пленок. Для эффективного возбуждения объемных звуковых волн, как правило, необходима ориентация кристаллографической оси в пленке [0001], строго параллельной ее нормали. Простейшим решением в этом случае является использование текстурированных пленок. К сожалению, нужно отметить, что аксиальной текстуре, как правило, присуще некоторое отклонение оси от среднего значения, что уменьшает эффективность работы преобразователя. В данном случае идеальным вариантом было бы использование монокристаллических пленок. Однако для роста монокристаллических пленок нужной ориентации необходимо наличие согласования параметров решетки пленки и подложки из-за определяющего ориентирующего влияния подложки на рост начальных слоев пленки. Важным моментом также является необходимость использования металлического подслоя в качестве нижнего электрода. Понятно, что в этом случае металлический подслой тоже должен быть монокристаллическим и об-

ладать хорошим согласованием (своих) параметров кристаллической решетки и решетки оксида цинка.

В данной работе было предложено использовать сочетание (0001)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Pt/ZnO. Осаждение пленок платины и оксида цинка проводилось за один цикл без разгерметизации вакуумной камеры. Были использованы металлические мишени из платины и цинка. Для проведения эпитаксии использовали магнетронный разряд на постоянном токе. Подложку нагревали до 400°C. После напуска в камеру чистого аргона до давления 10<sup>-2</sup> Торр зажигали разряд с силой тока 100 мА. После двух минут напыления платины аргон заменяли на кислород при таком же давлении и проходило реактивное напыление пленки ZnO. Полученная структура была исследована методом рентгеновской дифракции с использованием модернизированного дифрактометра ДРОН-3, работающего по схеме Брегга–Брентано. Длина волны излучения анода рентгеновской трубки составляла 0.15406 нм. Для выделения из характеристического спектра линии Kα<sub>1</sub> использовали кварцевый монохроматор. Дифрактограмма от выращенной структуры приведена на рис. 1.

Из рисунка видно, что платиновая пленка оказалась ориентирована плоскостью (111) параллельно плоскости подложки (0001). Пленка оксида цинка выросла с ориентацией (0001). Для определения взаимных ориентаций пленок и подложки в полученной структуре была построена полюсная фигура с использованием “косых” отражений. В случае подложки фиксировались рефлексы от плоскостей {10 $\bar{1}$ 10}. Пленка платины показала довольно

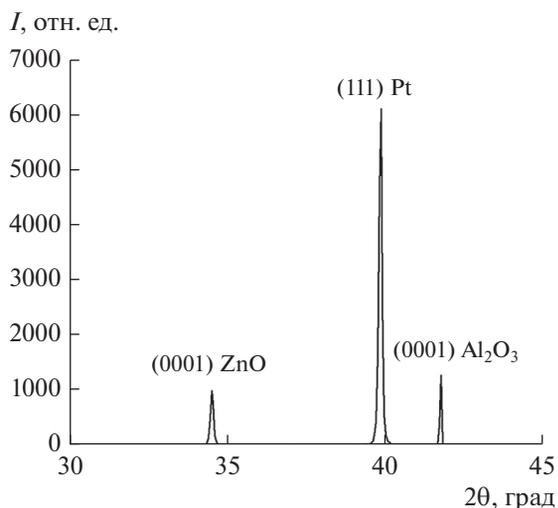


Рис. 1. Рентгеновский спектр от пленки ZnO, выращенной на подложке из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с подслоем Pt.

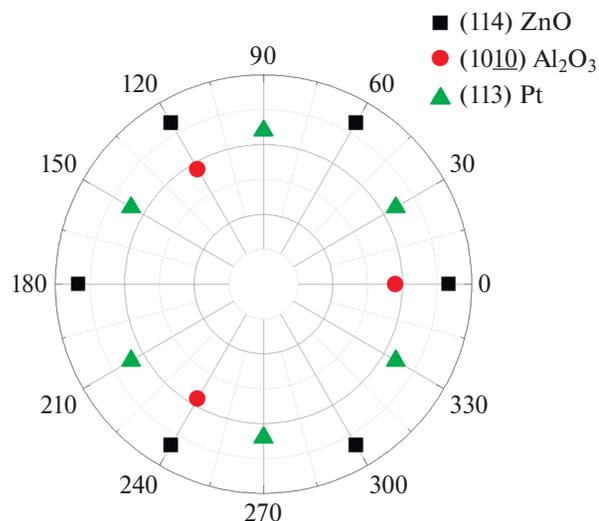


Рис. 2. Полюсная фигура от структуры ZnO/Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

интенсивные отражения от семейства плоскостей {113}. Для пленки ZnO использовали плоскости {114}. Полученный результат приведен на рис. 2.

Как видно из рисунка, ориентационные соотношения между пленками и подложкой можно представить в следующем виде:

$$[11\bar{2}0]Al_2O_3 \perp [110]Pt \perp [110]ZnO.$$

При этом наблюдается 180-градусное двойникование в пленке платины, что характерно для гетероэпитаксии металлов с кубической сингонией на сапфировых подложках с ориентацией (0001).

Следует отметить, что в данном случае эпитаксиальная пленка платины выступает как буферный слой, существенно уменьшающий различие в межатомных расстояниях на поверхности подложки и выращиваемой на ней пленки оксида цинка. В случае отсутствия слоя платины разница составляла бы около 8%. Межатомные расстояния эпитаксиальной платины и сапфировой подложки отличаются в плоскости роста всего на 4%.

Таким образом, удается вдвое уменьшить несоответствие узловых расстояний монокристаллической пленки оксида цинка и подложки, что позволяет существенно улучшить качество растущего слоя.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лузанов В.А., Алексеев С.Г., Ползикова Н.И. // РЭ. 2018. Т. 63. № 9. С. 1015.
2. Morales C., Leinen D., del Campo A. et al. // J. Alloys and Compounds. 2021. V. 884. Article No. 161056.
3. Franklin J.B., Zou B., Petrov P. et al. // J. Material Chemistry. 2021. V. 21. № 22. P. 8178.
4. Steiger P., Zhang J., Harrabi K. et al. // Thin Solid Films. 2018. V. 645. P. 417.