

МЕТОД РЕНТГЕНОВСКОЙ ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ПОСЛОЙНОГО ФАЗОВОГО АНАЛИЗА ТОНКИХ ПЛЕНОК NbN

А.В. Лубенченко¹, А.А. Батраков¹, А.Б. Паволоцкий², С. Краузе², И.В. Шуркаева¹

¹ *Национальный Исследовательский Университет «МЭИ»,
111250, Москва, ул. Красноказарменная, д. 14*

² *Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden
e-mail: lubenchenkoav@mpei.ru, shurkaevaiv@mpei.ru*

В работе изучены химический и фазовый состав тонких пленок NbN методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Определены относительные концентрации (O, Nb, N, C, Si) и проведён послойный фазовый анализ пленки до распыления и после каждого цикла распыления. В нитридной пленке до распыления обнаружены два различных фазовых состояния нитрида ниобия, предположительно это NbN и Nb₅N₆. Анализ линий Nb 3d и O 1s позволил выявить кроме указанных фаз нитрида ниобия различные оксиды ниобия (Nb₂O₅, NbO₂, Nb₂O₃, NbO) и NbNOx.

Ключевые слова: РФЭС, тонкие пленки, спектральные линии, химический состав.

В настоящей работе изучены химический и фазовый состав тонких пленок NbN методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Пленки NbN на кремневой подложке были получены методом магнетронного напыления. Толщина напылённого слоя варьировалась от 5 до 10 нм. Спектры снимались с помощью модуля электронно-ионной спектроскопии на базе платформы Нанофаб 25 (НТ-МДТ). Послойное травление выполнялось с помощью пучка ионов Ar⁺.

В работе были определены относительные концентрации (O, Nb, N, C, Si) и проведён послойный фазовый анализ пленки до распыления и после каждого цикла распыления. При анализе линии N 1s до распыления было обнаружено, что она раскладывается на два пика с различными энергиями связи: 397.7 эВ, 396.9 эВ (степени окисления азота соответственно –3 и –2.6). Таким образом, в нитридной пленке до распыления присутствует два различных фазовых состояния нитрида ниобия. Мы предполагаем, что это NbN и Nb₅N₆. Анализ линий Nb 3d и O 1s позволил выявить кроме указанных фаз нитрида ниобия различные оксиды ниобия (Nb₂O₅, NbO₂, Nb₂O₃, NbO) и NbNOx.

В результате анализа можно сделать вывод, что после выгрузки из вакуумной камеры нитридной пленки под воздействием атмосферы образовался оксидный слой ниобия из Nb₂O₅ и NbO₂ толщиной около 2 нм и слой толщиной примерно 1 нм нитрида ниобия другого фазового состава (Nb₅N₆), чем исходный нитрид ниобия. При распылении толщина оксидного слоя уменьшалась, появлялись субоксиды NbOx и NbNOx и увеличивалась толщина изменённого нитрида ниобия.

X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY FOR LAYER-BY-LAYER PHASE ANALYSIS OF NbN THIN FILMS

A.V. Lubenchenko¹, A.A. Batrakov¹, A.B. Pavolotsky², Sascha Krause², I.V. Shurkaeva¹

¹ *National Research University «Moscow Power Engineering Institute», 14 Krasnokazarmennaya Str. Moscow
111250, Russia*

² *Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden,
e-mail: lubenchenkoav@mpei.ru, shurkaevaiv@mpei.ru*

This paper studied the chemical and phase composition of NbN thin films by x-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Determined the relative concentrations of (O, Nb, N, C, Si) and carried out layer-by-layer phase analysis of the films before sputtering and after each cycle of sputtering. Before spraying in the nitride film detected two different phase states niobium nitride, NbN, and presumably this Nb₅N₆. Analysis of the Nb 3d and C 1s lines allowed to reveal in addition to these phases of niobium nitride, various oxides of niobium (Nb₂O₅, NbO₂, Nb₂O₃, NbO) and NbNOx.

Key words: XPS, thin films, spectral lines, chemical composition