

Исследования фазового состава ионно-лучевых пленок Ta-Si методом ультрамягкой рентгеновской эмиссионной спектроскопии и рентгеновской рефлектометрии

Е.И. Гайворонская¹, М.И. Гайворонская¹, И.В. Польшин¹, Е.С. Керсновский¹, С.А. Ивков¹, Я.А. Пешков¹, А.И. Чукавин^{1,2}, Г.П. Потуданский^{1,3}, Н.В. Пермяков¹, Н.А. Борщ¹, А.Е. Никонов⁴, А.В. Ситников⁴, К.А. Барков¹

¹Воронежский государственный университет, Воронеж, Университетская пл. 1, 394018

²УдмФИЦ УрО РАН, Ижевск, ул. Татьяны Барамзиной, 34, 426067

³АО «РТ Лабс», г. Москва, пр. Вернадского, 41, 119415

⁴Воронежский государственный технический университет, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, 394006

Пленки Ta-Si возможно использовать в качестве чувствительного слоя для однофотонных детекторов дальнего ИК излучения, так как некоторые силициды тантала переходят в сверхпроводящее состояние при криогенных температурах. Особый интерес представляет фаза Ta₃Si типа A15 с температурой сверхпроводящего перехода T_c=9.3 K [1]. В большинстве случаев пленки Ta-Si являются не однофазными. В свою очередь ввиду малой толщины данные пленки не имеют дальнего порядка, что затрудняет идентификацию фазового состава. В работе показаны возможности исследования фазового состава пленок Ta-Si с помощью взаимодополняющих методов ультрамягкой рентгеновской эмиссионной спектроскопии (УМРЭС) и рентгеновской рефлектометрии.

В данной работе методом ионно-лучевого распыления составной мишени получены пленки Ta-Si с содержанием тантала в пленках от ~30 до 80 ат.%. Основным методом анализ фазового состава пленок Ta-Si являлась УМРЭС спектроскопия, чувствительная к ближнему порядку атомов, и реализованная на уникальной научной установке «Рентгеновский спектрометр монохроматор РСМ-500».

Анализ УМРЭС Si L_{2,3}-спектров показал, что в пленках Ta-Si присутствуют характерные особенности силицидов тантала и оксидов кремния. Для идентификации фаз силицидов тантала спектры УМРЭС были рассчитаны из первых принципов в рамках теории функционала плотности для соединений TaSi, TaSi₂, Ta₅Si₃ и Ta₃Si. Исходя из сопоставления теоретических и экспериментальных УМРЭС спектров можно сказать, что в пленке с низким содержанием тантала ~30 ат.% присутствуют высшие силициды тантала. Увеличении содержания тантала до ~80 ат.% приводит к изменению спектров в пользу низших силицидов.

По результатам рентгеновской рефлектометрии была определена плотность пленок Ta-Si. Из рисунка 1 видна тенденция увеличения плотности от 9,67 до 13,18 г/см³ с увеличением содержания тантала. В случае образцов с высоким содержанием тантала, полученные значения плотности пленок Ta-Si несколько ниже по сравнению с объемными фазами низших силицидов, что характерно для аморфных пленок. При этом в пленках с низким содержанием тантала плотность выше чем в силициде TaSi₂, что может быть связано с присутствием нескольких фаз силицидов в пленке.

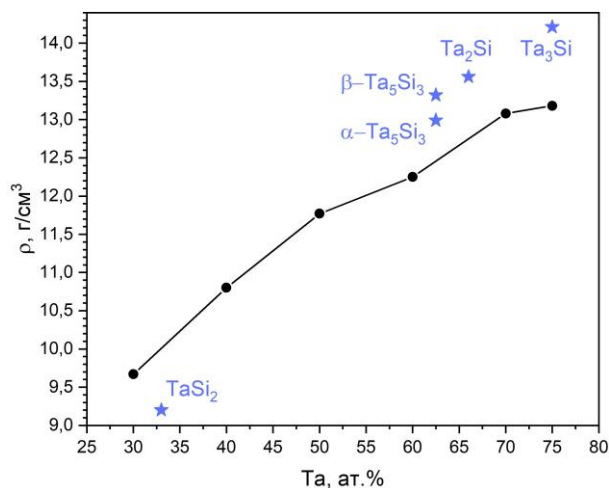


Рис. 1. Зависимость плотности пленок Ta-Si от содержания Ta в пленке, а также эталонные плотности фаз силицидов тантала TaSi₂, α- и β-Ta₅Si₃, Ta₂Si и Ta₃Si из баз данных Springer Materials и Materials Project.

1. Murao R. et al. Superconducting phase prepared from Ta₃Si under high pressure // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2010. – Т. 215. – №. 1. – С. 012139.