

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТКИ КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКИ В АТМОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЕ НА ОТРАЖЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХРОМА

Горбунова М.А., Яворчук Г.В., Михолап А.А., Логунов К.Т.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Котов Д.А. – канд. техн. наук, доцент

Методом магнетронного распыления при постоянном токе были получены тонкие пленки хрома толщиной порядка 20 нм на подложках из кремния КДБ-12. Перед проведением напыления проводилась очистка в атмосферной плазме диэлектрического барьерного разряда. При помощи спектрофотометра МС-122 были получены спектры отражения данных пленок с различным временем предварительной обработки в атмосферной плазме (от 0 до 120 секунд). Установлено, что с увеличением времени предварительной обработки в атмосферной плазме коэффициент отражения напыляемой пленки хрома увеличивается с 46 % для образца без обработки до 51 % для 20,25 и 120 секунд обработки на длине волны 820 нм.

Хром является широко используемым переходным металлом, который находит применение в фотосаблонах, дисплеях, пространственных модуляторах света, перестраиваемых фильтрах. Он также может быть реализован в качестве светопоглощающего слоя в солнечных элементах. Покрытия из хрома позволяют существенно улучшить стойкость материала подложки к воздействию агрессивных сред [1]. Пленки хрома могут использоваться не только в качестве адгезивного слоя, но и в структурах многослойных покрытий: солнцеселективных покрытиях, плазмонных пленках [2].

Свойства тонких пленок зависят как от параметров их нанесения, так и от чистоты поверхности подложки, на которую они напыляются. Наличие различных органических и неорганических загрязнений может привести к уменьшению адгезии пленки к поверхности, более быстрой деградации после напыления, большему сопротивлению контакта для электропроводных пленок и плохому качеству светопропускания для оптических пленок [3].

Очистка кремниевых подложек в атмосферной плазме диэлектрического барьерного разряда позволяет эффективно удалять органические загрязнения (фоторезисты, масла, адсорбированные углеводороды) без сильного физического воздействия. Это происходит за счет генерации активных частиц, таких как реактивные формы кислорода (озон (O_3), атомарный кислород (O), гидроксильные радикалы (OH)) и азотных радикалов (NO и NO_2). Кроме того, плазма испускает ультрафиолетовое излучение на длинах волн 100–400 нм, которое разрывает связи C–C, C–H, C=O в органических молекулах и усиливает действие свободных радикалов.

Другие виды очистки, такие как, например, ионная очистка (Ar^+ , O_2^+) могут повреждать кристаллическую структуру кремния, создавая дефекты, которые ухудшают электронные свойства подложки.

Для нанесения тонких пленок хрома использовался метод магнетронного распыления при постоянном токе, реализованный на базе модифицированной ВУ-1БСп. Использовалась сбалансированная магнетронная система с мишенью хрома диаметром 80 мм и толщиной 6 мм. Напыление пленок хрома происходило при напряжении 350 В, токе разряда 1 А, расстоянии мишень-подложка 150 мм и рабочем давлении в камере порядка 0,09 Па. Рабочим газом выступал аргон, эксперименты проводились без нагрева подложки.

Измерения коэффициента отражения пленок хрома толщиной порядка 20 нм проводились на спектрофотометре МС-122 в диапазоне длин волн 330–1100 нм (рисунком 1). Также на рисунке в качестве эталона представлена контрольная подложка из кремния КДБ-12 без покрытия. Для предварительной калибровки использовалось плоское эталонное зеркало из стекла К8 ГОСТ 3514-94 с оптическим покрытием. Образцы помещались на приставку М10-1 для измерения коэффициента

Исходя из представленных данных можно сделать вывод о явном наличии влияния обработки в атмосферной плазме на последующее напыление тонкой пленки хрома толщиной 20 нм. Кривая 0 сек (без плазменной очистки перед напылением) имеет значения коэффициента отражения ниже обработанных пленок, особенно в диапазоне 400–1000 нм. Это может говорить о наличии загрязнений или оксидов на подложке перед напылением, что повлияло на структуру и оптические свойства пленки хрома. Отражение увеличивается с ростом времени плазменной обработки, но после 30–60 секунд изменения становятся менее выраженными. Кроме того, следует отметить, что кривые для 20,25 секунд обработки имеют одни из наиболее высоких коэффициентов отражения, что говорит об эффективном режиме очистки. Предположительно после определенного времени обработки поверхность кремния становится максимально чистой, и дальнейшая очистка не оказывает сильного влияния на свойства напыляемых пленок.

о

з

е

р

к

а

л

ь

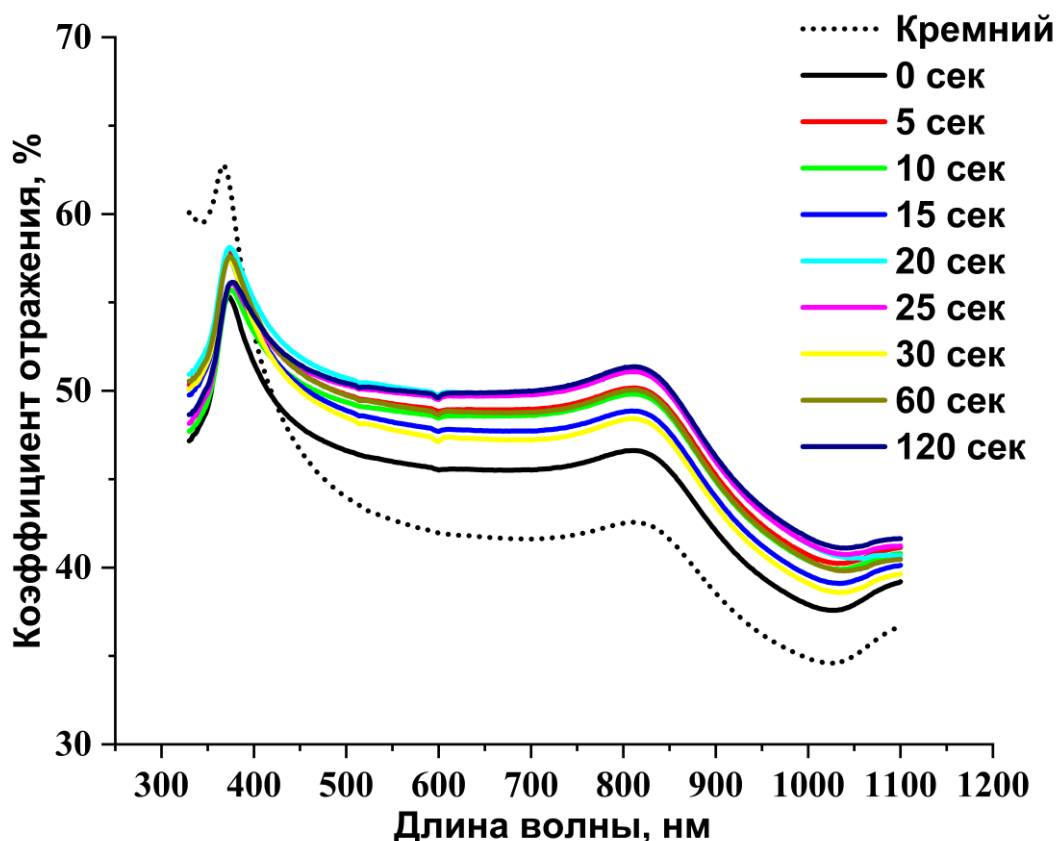


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента отражения пленок хрома от длительности предварительной обработки плазмой диэлектрического барьерного разряда в атмосферной среде при различной длине волны

У всех кривых заметен пик около 400–450 нм, что характерно для плёнок хрома. В диапазоне 700–900 нм наблюдается плавное снижение отражения, но при 120 сек обработки оно остаётся чуть выше, чем при 0 сек. Чистый кремний (пунктирная линия) имеет значительно более высокое отражение в УФ-области (300–400 нм), но ниже в инфракрасной области (>1000 нм).

Это подтверждает, что плёнка хрома действует как антиотражающее покрытие в коротковолновом диапазоне, но в длинноволновой области её влияние снижается.

Список использованных источников:

1. Сиделёв, Д. В. Осаждение покрытий из хрома и никеля с помощью магнетронного диода с «горячей» мишенью / Д. В. Сиделёв : дис. ... канд. техн. наук. : 01.04.07 / Сиделёв Дмитрий Владимирович ; Нац. исслед. Томский политехн. ун-т. – Томск, 2018. – 138 л.
2. Sytchkova, A. Optical, structural and electrical properties of sputtered ultrathin chromium films / A. Sytchkova [et al.] // *Optical Materials*. – 2021. – Vol. 121. – P. 1–9.
3. Лучкин, А. Г. Очистка поверхности подложек для нанесения покрытий вакуумно-плазменными методами / А. Г. Лучкин, Г. С. Лучкин // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2012. – № 15. – С. 208–210.