

УДК 621.794.4

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СРЕДЫ И МОЩНОСТИ ПЛАЗМЫ
ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
ПЛЕНОК WSi**Дарья Максимовна Пряничникова⁽¹⁾, Богдан Алексеевич Басов⁽²⁾*Студент 3 курса⁽¹⁾, студент 3 курса⁽²⁾,**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Д.Д. Васильев,**кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Активно развивающимся направлением микроэлектронике является однофотонные датчики. Среди однофотонных датчиков комплексно лучшие параметры имеют сверхпроводниковые датчики (SNSPD - Superconducting Nanowire Single-Photon Detector) [1]. Главным элементом SNSPD является меандр, который формируется из тонкой сверхпроводящей пленки толщиной (до 10 нм). Перспективным сверхпроводящим материалом является WSi [2].

Важным параметром пленки является поверхностное сопротивление, которое используется для теоретических расчетов параметров детектора и для контроля пленки, благодаря методу измерения, который является доступным и не разрушаемым. Значение поверхностного сопротивления пленки после формирования может отличаться от заданного, поэтому одним из способов получения пленки со значением поверхностного сопротивления в узком диапазоне, является формирование более толстой пленки с последующим ее травлением. При травлении пленки ускоренными ионами кислорода возможно изменение структуры пленки, что приводит к повышению параметров детектора [3]. Поэтому, цель работы определить скорость изменения сопротивления пленок WSi при обработке в плазме пониженного давления в зависимости от мощности и состава газовой среды (Ar, O₂).

Поверхностное сопротивление пленок WSi после обработки напрямую зависит от режима обработки, который нужно экспериментально определить. Главной задачей выхода на нужный режим является установить параметры, при которых наблюдаются процесс очистки, активации и травления поверхности пленки. Опытным путем установлено что, травление пленки происходит при следующих параметрах: рабочее давление в камере 100 мТорр, мощность от 150 до 200 Ватт и процентное содержание Ar и Ar/O₂ в 2-х соотношениях 100% и 50%.

Следует отметить, что исследуемым параметром в данном эксперименте является скорость травления. Данная характеристика выводилась из полученных данных о поверхностном сопротивлении исследуемых образцов с помощью следующих формул [4]:

$$R_c = \frac{\rho}{d}, \text{ где } R_c - \text{поверхностное сопротивление плёнки, [Ом/кв];}$$

ρ – удельное сопротивление, [Ом·м];

d – толщина плёнки, [м].

$$v_{Tp} = \frac{\Delta d}{\Delta t}, \text{ где } v_{Tp} - \text{скорость травления, [нм/с];}$$

Таблица 1. Результаты травления пленок WSi на установке MPC

№ п/п	Мощность, подаваемая на электроды, Ватт	Газовая среда	Скорость травления, нм/мин
----------	--	---------------	-------------------------------

1	150	100% Ar	0,45
2	150	50% Ar / 50% O ₂	1,31
3	200	100% Ar	4,87
4	200	50% Ar / 50% O ₂	3,16

Для лучшего понимания взаимосвязи исследуемых факторов и выходного параметра составлена математическая модель зависимости скорости травления пленки WSi от состава газовой среды и мощности ВЧ плазмы пониженного давления:

$$y = 2,4497 + 0,20995X_1 + 1,5673X_2 + 0,64315X_1X_2,$$

где X_1 – нормированная мощность ВЧ разряда от 150 Ватт до 200 Ватт;

X_2 – нормированное процентное содержание Ar в газовой среде Ar и O₂ от 50% до 100%;

y – скорость травления пленки WSi нм/мин.

На рисунке 1 представлена математическая модель скорости травления пленки WSi:

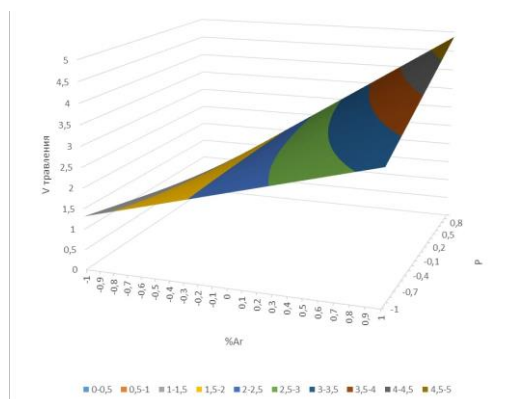


Рис. 1. Математическая модель

В результате исследования процесса воздействия плазмы низкого давления на поверхность плёнок WSi выбраны четыре варианта режима работы установки MPC, по результатам применения которых составлена математическая модель скорости травления пленки. По полученным данным экспериментов можно сделать вывод о том, что самой большой скоростью травления обладает режим при 100% Ar газовой среде в рабочей камере и мощностью 200 Ватт, подаваемой на электроды. При данных параметрах процесса скорость травления составила 4,87 нм/мин.

Литература

1. *High-performance superconducting photon-number-resolving detectors with 86% system efficiency at telecom range* / M. Moshkova [et al.] // *J. Opt. Soc. Am.* 2019, Vol. 36, No. 3. P. B20-B25.
2. *Detecting single infrared photons with 93% system efficiency* / F. Marsili [et al.] // *Nat. Photon.* 2013. Vol. 7. P. 210-214.
3. *Способ изготовления сверхпроводниковых однофотонных детекторов: пат. 2476373 РФ* / Гурович Б.А., Кулешова Е.А., Приходько К.Е., Тархов М.А., Мельников А.П., Гольцман Г.Н.; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение "Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт" (НИЦ "Курчатовский институт"); № 2011124165/02; заявл. 16.06.2011; опубл. 27.02.2013. Бюл. № 6.
4. Майссел Л., Глэнг Р. *Технология тонких пленок. Справочник.* М.: «Советское радио», 1977. 768 с.