

Особенности процесса получения тонких пленок оксида ванадия (IV) методом реактивного магнетронного распыления

В.И. Полозов^{1,2}, С.С. Маклаков¹, С.А. Маклаков¹

¹ Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Реактивное нанесение тонких плёнок оксида ванадия (IV) требует строгого соблюдения стехиометрии, что влечет за собой необходимость точного контроля параметров распыления. Критически важными параметрами являются: концентрация O_2 в реакционной смеси, температура, напряжение смещения на подложке и её структура. Их неточное соблюдение уменьшает амплитуду перехода полупроводник-металл – целевой параметр синтезируемых пленок. Для оптимизации процесса синтеза важным является изучение влияния указанных факторов на процесс роста плёнки.

Синтез плёнок выполнен при помощи реактивного ВЧ магнетронного распыления металла с осаждением на различные подложки: г-плоскость сапфира или ситалл. Реактивный процесс приводит к получению однородных покрытий черного или желтого цвета. Цвет пленки определяется парциальным давлением O_2 в газовой смеси и электрическим смещением при нанесении. Переход между состоянием оксида пороговый и происходит при $\sim 15\%$ O_2 . Плёнки черного цвета получаются при распылении с парциальным давлением кислорода 7-15%. С ростом содержания кислорода металл окисляется более интенсивно, что приводит к возрастанию электрического сопротивления плёнок.

Модифицированная установка ВЧ магнетронного распыления позволяет проводить процесс при температурах $\sim 330^\circ C$. Такой процесс приводит к более сильному окислению плёнок, чем в распылении без нагрева, при одинаковых концентрациях O_2 . Пленки, полученные в высокотемпературном процессе, обладают меньшим сопротивлением, чем плёнки, нанесенные при комнатной температуре, при том же составе смеси.

Для улучшения характеристик плёнок распыление может сопровождаться отжигом в токе аргона при температуре $720^\circ C$. Для отжига выбраны черные пленки. Условия отжига выбраны исходя из перитектической реакции $V_6O_{13} \leftrightarrow VO_2 + L$ при $700^\circ C$ для предотвращения переокисления. Отжиг плёнок, нанесенных при разных условиях, дает кардинально разные результаты. Интенсивность перехода разных пленок на сапфировой подложке до и после отжига может изменяться в 140 раз (для плёнок, полученных при 8% O_2 в высокотемпературном распылении) до 4.7 раз (для пленок, полученных при 9.6% в низкотемпературном распылении). Температурная зависимость проводимости пленок на ситалле после отжига приходит к одинаковому виду для плёнок, нанесенных в разных условиях.

По результатам проведенных измерений, выявлены основные взаимосвязи между условиями синтеза тонких плёнок VO_2 методом ВЧ магнетронного распыления с последующим отжигом и их физическими свойствами. Полученные результаты могут быть использованы для изучения тонких эффектов в реактивном магнетронном распылении.