

МОДИФИКАЦИЯ И СЕЛЕКТИВНОЕ ЖИДКОФАЗНОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ ПЛЕНОК АМОРФНОГО ПЕНТОКСИДА ВАНАДИЯ.

Путролайн В.В., Величко А.А., Черемисин А.Б., Пергамент А.Л., Кулдин Н.А.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск, Россия

Пентоксид ванадия – один из перспективных материалов для микроэлектронных, электрохимических и оптоэлектронных устройств. Поликристаллические пленки пентоксида ванадия проявляют электрохромизм [1], фотохромизм [2,3] и имеют большой потенциал для применения в электрохромных дисплеях, цветowych фильтрах и других оптических приложениях [4]. Кроме того, V_2O_5 это потенциальный кандидат для приложений в тонкопленочных микробатареях и газовых сенсорах [5,6]. Возможность восстанавливать V_2O_5 до более низких оксидов [7], такого как, например, VO_2 проявляющего фазовый переход металл-изолятор (ФПМП) [8], делает этот материал еще более перспективным для приложений. Резкое изменение оптических и электрических свойств при температуре ФПМП $T_t=68^\circ C$ дает возможность диоксиду ванадия быть потенциальным материалом для оптических [9] и электрических переключающих устройств [10], а также транзисторных структур.

В связи с широкими перспективами применения актуальна задача разработки литографии на основе окиснованадиевого резиста, в котором оксид ванадия является как рабочим материалом, так и материалом резиста.

В данной работе представлены результаты исследования селективного химического травления тонких пленок аморфного пентоксида ванадия после модификации ультрафиолетовым облучением с последующим восстановлением до фазы VO_2 .

Аморфные пленки V_2O_5 (100-300 нм) были получены вакуумным термическим испарением порошка V_2O_5 на Si и Si/SiO₂ подложки при комнатной температуре. Ультрафиолетовая модификация ($\lambda = 405$ нм), с интенсивностью 20 мВт/см² и дозой ~ 10 Дж/см², выполнялась при нормальных условиях через маску в установке позиционирования масок Karl Suss MA6/BA6.

Рентгеноструктурный анализ показал, что до и после экспонирования пленка остается аморфной. В результате оптических измерений был выявлен сдвиг спектра пропускания пленки V_2O_5 в коротковолновую область, что объясняется фотохромным эффектом [2,3].

Проявление модифицированных пленок проводилось в растворах метанол-вода (10:1) и муравьиная кислота – ацетон – формалин (15:10:1), причем в первом случае оксид проявлялся как негативный резист, т.е. скорость травления модифицированной части пленки

значительно превышала скорость травления немодифицированной, а во втором как позитивный. Время проявления в растворах составляло 5-10мин, после чего пленки промывались в ацетоне и сушились. Таким образом, были селективно вытравлены линии V_2O_5 шириной 8мкм на Si/SiO₂ подложках, которые в последствии восстанавливались до фазы VO₂ методом термического отжига при давлении кислорода в камере 10мТорр и температуре 450°C в течении 30мин.

После восстановления на 8мкм линии VO₂ на расстоянии ~80мкм были напылены золотые контакты. Измерения температурных зависимостей проводимости показало наличие резкого падения сопротивления при температуре ~340К характерного для ФПМП в диоксиде ванадия [8]. Вольтамперные характеристики структуры имеют S-образную форму с отрицательным дифференциальным сопротивлением, причем сопротивление структуры в низкоомной фазе зависит от ограничительного тока.

Таким образом, была показана возможность использования аморфного пентоксида ванадия в качестве ультрафиолетового резиста с последующим восстановлением до фазы VO₂ обладающей ФПМП и эффектом переключения.

Работа выполнена при поддержке грантов: институт Швеции (Dnr: 01370/2006), Федеральное Агентство РФ по науке и инновациям (контракт № 02.513.11.3351), Министерство образования РФ и американский фонд гражданских исследований и развития (CRDF Award No. Y5-P-13-01).

1. Benmoussa M, Outzourhit A, Bennouna A, Ameziane E L 2002 Thin Solid Films 405 2002 11–16
2. Gavriluk A I, Mansurov A A, Chudnovskii F A 1984 Soviet Technical Physics Letters 10 6 292-293
3. Gavriluk A I, Reinov N M, Chudnovskii F A 1979 Soviet Technical Physics Letters 5 10 514-15
4. Fujita Y, Miyazaki K, and Tatsuyama Ch, 1995 Jpn. J. Appl. Phys., Part 1 24 1082
5. Julien C, Haro-Poniatowski E, Camacho-Lopez M A, Escobar-Alarcon L, Jimenez-Jarquin J 1999 Materials Science and Engineering B65 170–176
6. Han Young Yu, Byung Hyun Kang, Ung Hwan Pi, Chan Woo Park, and Sung-Yool Choi, Gyu Tae Kim 2005 Appl. Phys. Lett. 86 253102
7. Moshfegh A Z, Ignatiev A 1991 Thin Solid Films 198 253
8. Imada M, Fujimori A, Tokura Y, 1998 Rev. Mod. Phys. 70 1039-263
9. Rozen J, Lopez R, Haglund Jr. R F and Feldman L C 2006 Appl. Phys. Lett. 88 081902
10. Kim B-J, Lee Y-W, Chae B-G, Yun S-J, Oh S-Y, and Kima H-T, Lim Y-S 2007 Appl. Phys. Lett. 90 023515