

ПРОЯВЛЕНИЕ ОКИСНОВАНАДИЕВОГО РЕЗИСТА РЕАКТИВНЫМ ТРАВЛЕНИЕМ В ПЛАЗМЕ ХЛОРА

А. А. Величко, Г. Б. Стефанович, А. Б. Черемисин
Петрозаводский государственный университет

Методы проявления окиснованадиевого резиста обсуждались нами в ряде работ [1, 2, 3]. Резист представляет собой двухслойную систему, состоящую из ванадиевой пленки толщиной $\sim 10\div 50$ нм и расположенного сверху анодного оксидного слоя толщиной до 100 нм. После электронно-лучевого экспонирования происходит изменение физико-химических свойств оксидного слоя, заключающееся, в частности, в росте плазменной и химической стабильности облученных участков, что позволяет проводить селективное химическое или плазмохимическое травление. В результате проявления можно получать линии шириной менее 100 нм и высотой порядка $100\div 200$ нм.

При проявлении резиста применяется двухступенчатый процесс травления. Сначала необходимо селективно стравить неэкспонированную оксидную часть резиста, тем самым проявив рельеф линии, для чего был разработан ряд методик [1], затем необходимо выполнить травление ванадиевого подслоя. Для выполнения второй части проявления была разработана методика реактивного травления в плазме хлора.

Схема конструкции цилиндрического плазменного реактора приведена на рис. 1. Процесс реактивного травления в плазме хлора состоял из следующих этапов:

1. Размещение образца 1 в стеклянной трубке 3.
2. Откачка воздуха из системы до давления 1 мТор, с предварительной продувкой рабочего объема азотом, напускаемого через трубку 7.
3. Нагрев образца до заданной температуры.
4. Напуск Cl до давления $100\div 300$ мТор.
5. Включение высокочастотного источника 4 питающего разряд, возникающий между коаксиальной системой электродов 5.
6. Травление образца в плазме Cl в течение 2–30 с.
7. Продувка азотом и напуск воздуха.

В ходе работы было обнаружено, что при низких температурах образца (до 150 °С) ванадиевый подслоя вокруг линий стравливался неоднородно и не полностью (рис. 2). При температурах $200 - 250$ °С ванадиевый подслоя стравливался полностью (рис. 3), оставляя после себя гладкую поверхность кремния.

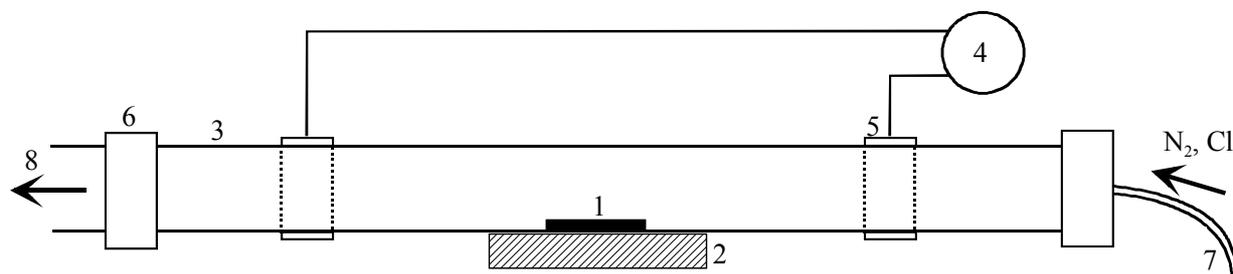


Рис. 1. Схема конструкции цилиндрического плазменного реактора. 1– образец, 2 – нагревательный элемент, 3 – стеклянная трубка (диаметр 3 см, длина 30 см), 4 – высокочастотный источник, 5 – клеммы электродов (межэлектродное расстояние 10–15 см), 6 – переходник, 7 – трубка для напуска рабочего газа, 8 – соединение реактора с вакуумной системой откачки

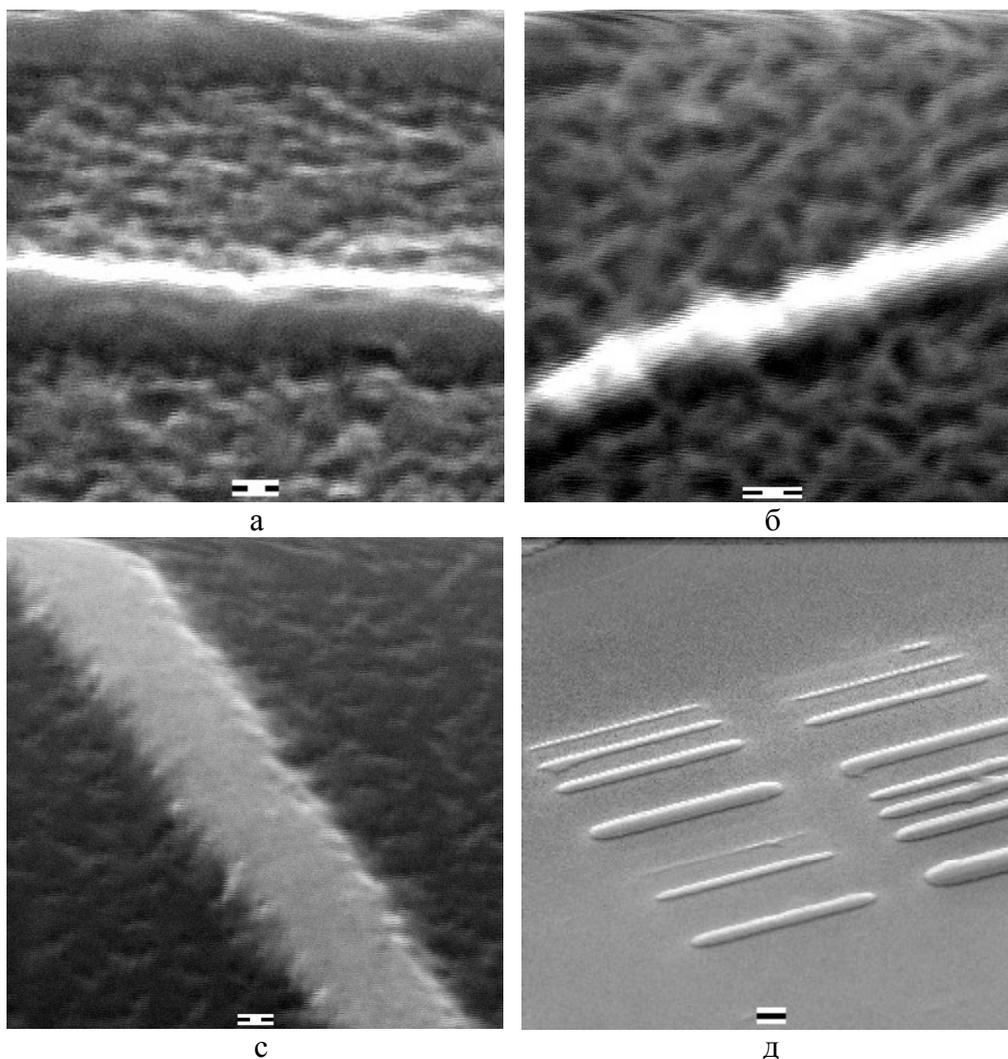


Рис. 2. Примеры линий проявленных при низких температурах образца ($< 150\text{ }^{\circ}\text{C}$). Линии шириной: а – ($\sim 100\text{ нм}$), б – ($< 100\text{ нм}$), с – ($\sim 400\text{ нм}$), д – ($> 500\text{ нм}$). Черно-белый маркер размером 100 нм (а, б, с) и 1000 нм (д)

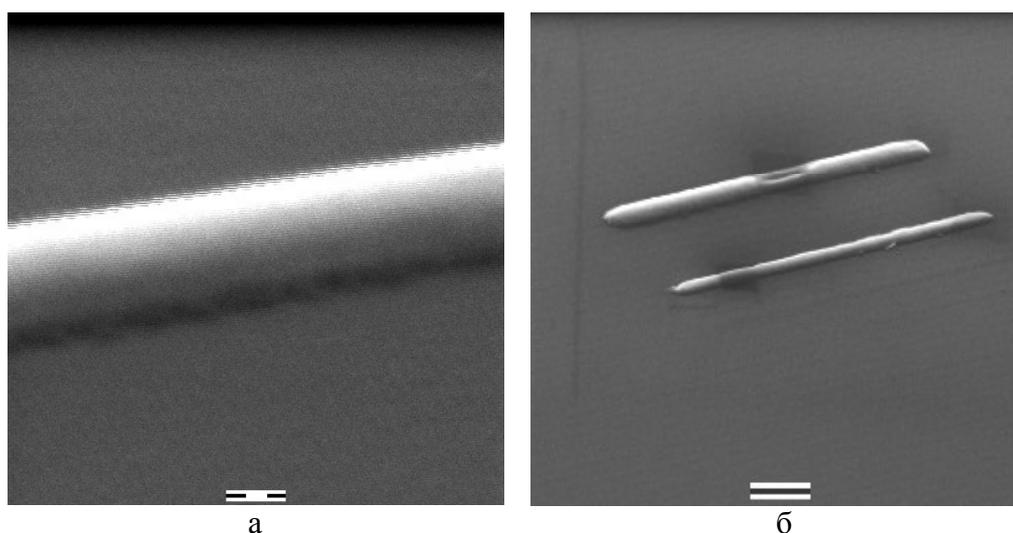


Рис. 3. Примеры линий проявленных при высоких температурах нагрева образца ($> 250\text{ }^{\circ}\text{C}$). Линии шириной: а – ($\sim 100\text{ нм}$), б – ($> 500\text{ нм}$). Черно-белый маркер размером 100 нм (а) и 1000 нм (б)

Данный факт может быть объяснен тем, что продуктом химической реакции плазмы С1 и ванадиевого подслоя являются соединения с температурой плавления $\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Таким соединением может являться ванадия тетрахлорид VCl_4 ($T_{\text{плавления}} = 153 \text{ }^\circ\text{C}$). При температурах выше $200 \text{ }^\circ\text{C}$ данное соединение является летучим и удаляется вакуумной системой. При более низких температурах продукты реакции не могут полностью удалиться, что вызывает неоднородное травление.

Таким образом, в настоящей работе показана важная роль температуры образца при реактивном травлении ванадиевых слоев в плазме Cl .

Работа выполнена при поддержке гранта Американского Фонда Гражданских Исследований и Развития (CRDF) № PZ-013-02, а также при содействии Applied Phase Transition, Inc., Los Angeles, CA 90404, USA.

Литература:

1. Стефанович Г. Б., Пергамент А. Л., Величко А. А., Стефанович Д. Г., Кулдин Н. А., Борисков П. П. // Аморфный оксид ванадия – резист для нанолитографии // Сборник докл. 15-го Межд. симпозиума «Тонкие пленки в оптике и электронике». Харьков, 2003. С. 263–267.
2. Пергамент А. Л., Стефанович Г. Б., Величко А. А., Стефанович Д. Г., Шраер М. Сухое проявление резиста на основе оксида ванадия травлением в плазме // Материалы Всероссийской научной конференции по физике низкотемпературной плазмы (ФНТП-2001). Петрозаводск, 2001. С. 169–171.
3. Стефанович Г. Б., Величко А. А., Стефанович Д. Г. Плазменные процессы в субмикронной литографии // Материалы пленарных докладов ФНТП-2001 и лекции школ по физике низкотемпературной плазмы 2000 и 2001 г. Петрозаводск, 2001. С. 162–172.