

Характеристики фазового перехода в пленках VO₂ синтезированных на плоских и наноструктурированных подложках

Манцуров Н.Д.^{1,3}, Мутилин С.В.¹, Принц В.Я.¹, Яковкина Л.В.²
¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13
² ИНХ СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 3
³ НГТУ РЭФ, 630073, Новосибирск, Карла Маркса проспект, 20 к4

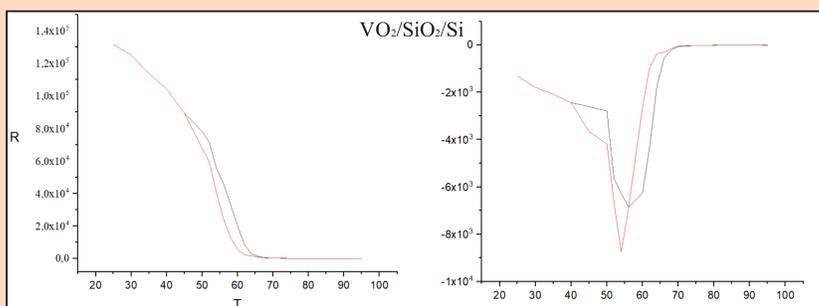
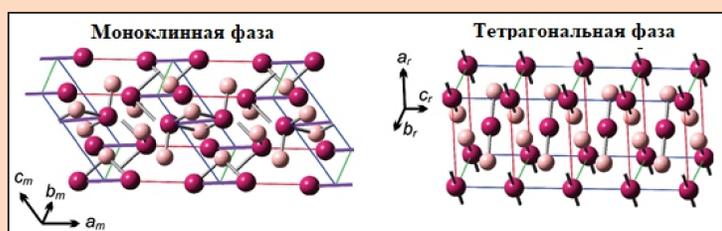
Цель работы: определение оптимальных условий синтеза пленок VO₂ на подложках SiO₂/Si



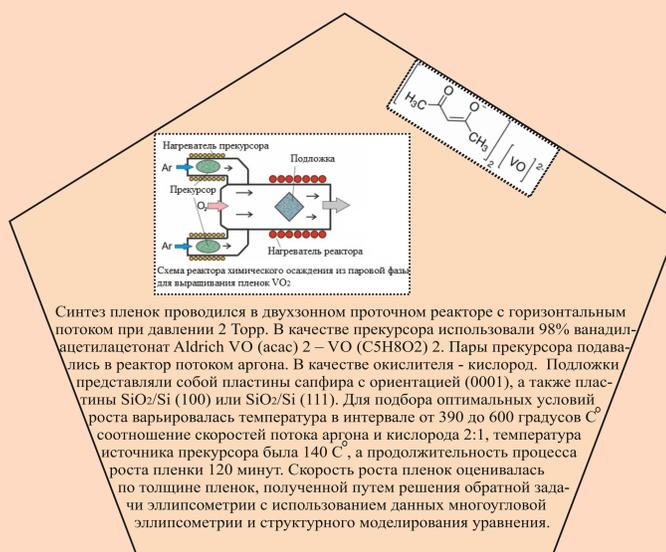
Мотивация:

VO₂ рассматривается для применения во многих отраслях микро- наноэлектроники, благодаря своим уникальным свойствам фазового перехода полупроводник- металл, который наблюдается вблизи комнатной температуры. Для целого ряда практических применений, таких например как Мотт-транзисторы, сенсоры, нейроморфные переключатели и пр. необходимо использовать подложки SiO₂/Si. Однако из-за большого несоответствия параметров решетки синтез пленок VO₂ на таких подложках серьезно затруднен. Поиск оптимальных условий синтеза пленок VO₂ на подложках SiO₂/Si остается нерешенной задачей.

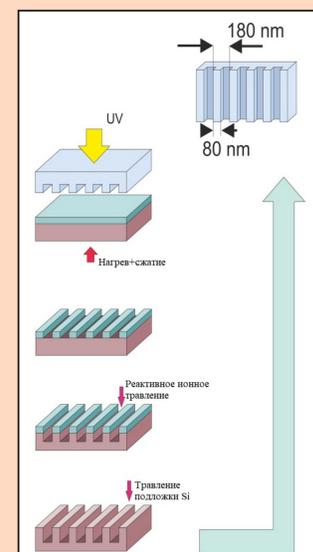
Переход между фазами VO₂



Синтез пленок VO₂



Импринт литография

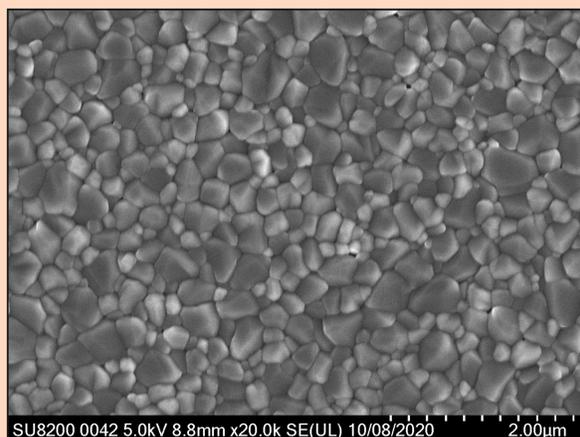


Результаты исследования

Образец без наноструктуры

В данной работе варьировалась температура синтеза пленок VO₂ (от 390 до 600C). С помощью рентгеноструктурного анализа и измерений электрических характеристик мы выяснили, что оптимальный температурный диапазон для синтеза пленок VO₂ на подложках SiO₂/Si находится в промежутке от 490 до 510C. Было показано, что для низких температур (от 390 до 450C включительно) растет смесь фаз VO₂ (M) и VO₂ (B), при высоких температурах (от 550 до 600C) растет смесь фаз VO₂(M)+V₆O₁₃, что качественно согласуется с фазовой диаграммой для оксида ванадия. Температура фазового перехода лежит в диапазоне от 50 до 64C.

Характерное изображение поверхности образца, полученное с помощью электронного микроскопа:



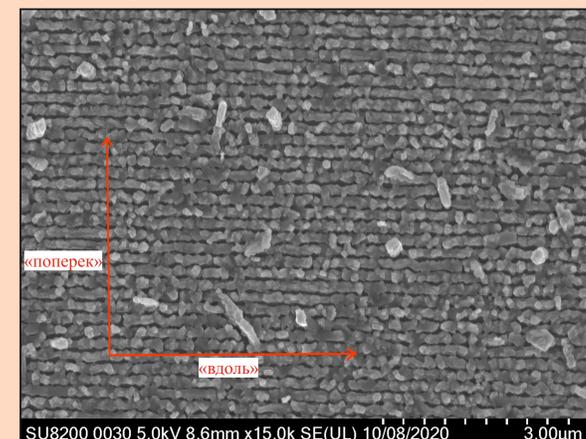
Наноструктурированный образец

Подложка кремния была наноструктурирована по технологии импринт литографии. Процесс импринт литографии изображен на рисунке выше с соответствующей подписью. Наноструктурированная подложка кремния представляет собой решетку из периодических полос шириной 80 нм и периодом 180 нм. Глубина травления примерно 200 нм. На такой подложке была синтезирована пленка VO₂. После роста на ней пленки VO₂ наблюдается анизотропия отношения сопротивлений и разная температура фазового перехода в зависимости от направления контактов относительно наноструктурированных полосок. Кристаллиты, образующие пленку VO₂, упорядоченно выстраиваются преимущественно вдоль полосок и хаотично поперек полосок кремния. Там, где межзеренные границы (место соприкосновения кристаллитов) упорядочены наблюдается большее отношение сопротивлений при фазовом переходе.

Температура синтеза образца- 450C
Фаза образца- VO₂(M)+VO₂(B)

Образец	Отношение R ₁ /R ₂	T _{перехода}
Образец «поперек»	107	62
Образец «вдоль»	162	58

Характерное изображение поверхности наноструктурированного образца, полученное с помощью электронного микроскопа:



Выводы:

1. Определены оптимальные условия синтеза, при которых растет только M-фаза VO₂.
2. Определены параметры фазового перехода в пленках VO₂. Отношение начального сопротивления к конечному в пленках VO₂(M) максимальное и составляет более 10³ раз.
3. Синтез пленок на структурированной в виде нано-канавок поверхности подложек приводит к анизотропии (в 1.5 раз) свойств фазового перехода.

Список литературы:

- [1] Y. Ke. et al., Small, 14(39), 1802025, (2018).
- [2] V.Ya. Prinz, et al., Nanoscale, 12, 3443-3454, (2020)
- [3] S.V. Mutilin, et al., Appl. Phys. Lett., 113, 043010, (2018)
- [4] L.V. Yakovkina, et al., J Mater Sci 52 (7), 4061, (2017).