**Особенности фазообразования при изменении температуры осаждения и отжига пленок TiO2, полученных методом атомно-слоевого осаждения из тетрахлорида титана и воды**

***Хижняк Е.А.***

*Аспирант, 1 год обучения*

*Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, физическая химия, Новосибирск, Россия*

*E-mail: khizhnyak@niic.nsc.ru*

Диоксид титана TiO2 существует в трех полиморфных модификациях – анатаз, рутил и брукит. В процессах осаждения тонких пленок, включая атомно-слоевое осаждение (АСО), обычно формируются пленки анатаза, а фаза рутила реализуется только в особых условиях, например, при повышенных температурах или в плазмохимических процессах [1]. Анатаз является эффективным фотокатализатором, но его диэлектрическая проницаемость сравнительно низкая, около 40 [2]. Для применения в микроэлектронике в качестве диэлектрика с высокой диэлектрической проницаемостью более перспективен рутил, имеющий значение диэлектрической проницаемости 86-170 [3]. Несмотря на ряд проблем, затрудняющих использование диоксида титана в качестве классического диэлектрика, этот материал находит применение в качестве диэлектрика для запоминающего конденсатора элементов памяти DRAM.

Данная работа выполнялась в рамках поиска новых процессов АСО для применения в микроэлектронике, поэтому стояла задача определить условия процесса АСО и последующих термообработок, при которых в пленках TiO2 формируется фаза рутила. Известно, что в процессах АСО рутил может быть получен при сравнительно низких температурах [2]. Другим способом получения пленок рутила является отжиг пленок анатаза, так как при нагревании анатаз необратимо превращается в рутил. Целью данной работы является определение влияния условий процесса АСО и отжигов на фазовый состав пленок TiO2 на подложках Si(100). Процесс АСО проводился с использованием тетрахлорида титана и паров воды в качестве источников титана и кислорода, соответственно. Пленки TiO2 осаждались при температурах в реакторе 150, 200, 300, 400, 450 и 500 °C. Время импульса TiCl4 составляло 0,1 с, импульса H2O 0,5 с, а продувка азотом между импульсами TiCl4 и H2O длилась 6 с. В качестве подложек использовались пластины монокристаллического кремния Si(100), прошедшие стандартную химическую подготовку. Отжиги проводились при температурах 400 °C и 500 °C. Полученные пленки исследованы методами инфракрасной спектроскопии, рентгеновской дифракции, электронной микроскопии. Установлено, что пленки, осажденные при температуре 500 °C, преимущественно содержат фазу рутила. По мере уменьшения температуры осаждения рефлексы этой фазы резко уменьшаются по интенсивности и при температуре осаждения 300 °C уже не наблюдаются на дифрактограммах. Результаты работы позволяют сделать вывод, что пленки TiO2 с высоким содержанием фазы рутила могут быть получены при температурах осаждения 450 и 500 °C. Также обнаружено, что отжиги приводят к появлению фазы рутила в пленках, изначально содержащих только анатаз.

*Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, проект № 121031700314-5.*

**Литература**

1. Rafieian D., Ogieglo W., Savenije T., Lammertink R.G.H. // AIP Advances 2015. V. 5. P. 097168.

2. Dang V.-S., Parala H., Kim J.H., Xu K., Srinivasan N.B., Edengeiser E., Havenith M., Wieck A.D., Fischer R.A., Devi A. // J. Phys. Status Solidi. 2014. V. 211. P. 416-424.

3. Bonkerud J., Zimmermann C., Weiser P.M., Vines L., Monkhov E.V. // J. Scientific Reports 2021. V. 11. P. 12443.