

Влияние материала верхнего электрода и параметров отжига на стабилизацию сегнетоэлектрической фазы в тонких пленках $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$

Михеев В.В., Чуприк А.А., Черникова А.Г., Негров Д.В и Зенкевич А.В.

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Лаборатория функциональных материалов и устройств для наноэлектроники

Энергонезависимая сегнетоэлектрическая память с произвольным доступом (FeRAM) имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами памяти, такими как флэш-память или DRAM. FeRAM обладает большим количеством возможных циклов перезаписи, низким энергопотреблением и высокой скоростью записи информации. Однако при уменьшении размеров элементарной ячейки сегнетоэлектрической памяти возникает ряд трудностей. При переполяризации сегнетоэлектрика в ячейке 1Т1С должен наблюдаться достаточный для достоверного считывания заряд, что накладывает определенные ограничения на уменьшение линейных размеров ячейки памяти [1]. Увеличение плотности заряда в ячейке FeRAM может быть достигнуто путем увеличения значения поляризации сегнетоэлектрического слоя. Наиболее подходящим кандидатом для создания сегнетоэлектрической памяти с высокой плотностью записи может стать легированный оксид гафния. Несмотря на то, что в легированном оксиде гафния давно получена поляризация, сравнимая с классическими сегнетоэлектриками перовскитоподобной фазы [2], теоретический предел так и не был достигнут [3].

В данной работе исследуется влияние материала верхнего электрода и параметров отжига на величину остаточной поляризации в тонком слое $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$. На подложке кремния были созданы структуры металл-сегнетоэлектрик-металл. Нижний электрод и слой $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$, толщиной 10 нм, выращены методом атомно-слоевого осаждения. В зависимости от материала верхнего электрода, для его напыления использовались импульсное лазерное осаждение, электронно-лучевое напыление или магнетронное распыление. Быстрый термический отжиг производился в вакууме или в атмосфере аргона при 400C° в течение 30 секунд.

В результате, получены значения остаточной поляризации и токов утечек в сегнетоэлектрическом $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ для различных материалов верхнего электрода и различных параметров быстрого термического отжига. Отработан процесс стабилизации сегнетоэлектрической фазы в тонком слое $\text{Hf}_{0.5}\text{Zr}_{0.5}\text{O}_2$ для верхнего электрода из платины, железа, вольфрама, никеля, нитрида титана и быстрого термического отжига в вакууме и в аргоне. Полученные результаты представлены в Табл. 1.

№	Материал верхнего электрода	Метод формирования верхнего электрода	Среда отжига	Остаточная поляризация, (мкКл/см ²)	Токи утечек (А/см ²)@1В
1	Pt	электронно-лучевое напыление	Вакуум	отсутствует	$2,85 \cdot 10^{-2}$
2	Pt/TiN	Pt – электронно-лучевое напыление TiN – магнетронное распыление	Вакуум	15	$3 \cdot 10^{-4}$
3	Pt	электронно-лучевое напыление	Ar	22	$2,5 \cdot 10^{-6}$
4	Fe/Pt	импульсное лазерное осаждение	Ar	42	$5,1 \cdot 10^{-4}$

Табл. 1 Сводная таблица результатов исследования.

Как видно из Табл. 1, на величину остаточной поляризации влияет наличие диффузионного барьера для кислорода (№1 и №2 в таблице), а также наличие подслоя, способного к окислению (№3 и №4 в таблице), что может свидетельствовать о влиянии кислородных вакансий на стабилизацию сегнетоэлектрической фазы в тонком слое Hf_{0,5}Zr_{0,5}O₂. Характерная петля гистерезиса остаточной поляризации представлена на Рис. 1.

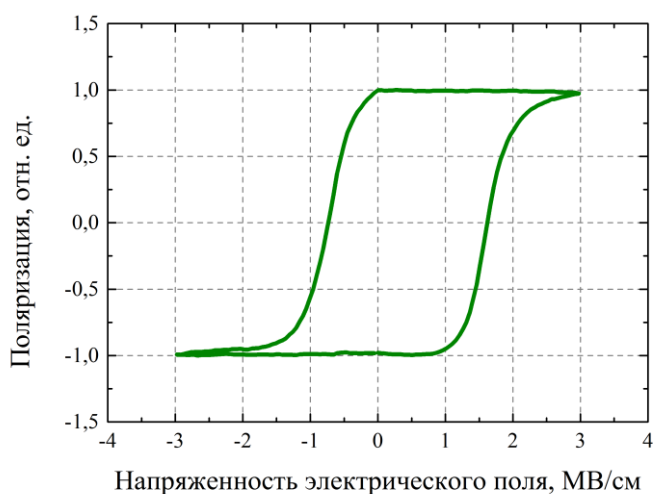


Рис.1 Характерная петля гистерезиса, полученная на образце Si(100)/TiN/Hf_{0,5}Zr_{0,5}O₂/Fe/Pt (2P = 42 мкКл/см²)

Литература.

1. *Y. Arimoto et al.* Current status of ferroelectric random-access memory // MRS Bulletin – 2004 – p. 823-828
2. *Zhen Fan et al.* Ferroelectric HfO₂-based materials for next-generation ferroelectric memories // Journal of Advanced Dielectrics – 2016 – vol. 6 – p. 1630003
3. *S. Clima et al.* Identification of the ferroelectric switching process and dopant-dependent switching properties in orthorhombic HfO₂: A first principles insight // Applied Physics Letters – 2014 – vol. 104