

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ВЕРХНЕГО ЭЛЕКТРОДА НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МДП СТРУКТУР НА ОСНОВЕ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК

М. С. Афанасьев, Д. А. Белорусов, И. А. Шушарин, Г. В. Чучева

Фрязинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, Фрязино, Московская обл., Россия

Структуры металл-сегнетоэлектрик-полупроводник (МСЭП-структуры) являются актуальными в исследовательском плане для нового поколения устройств, использующих энергонезависимую память [1].

Цель работы - изучение влияния верхнего электрода на электрофизические характеристики МСЭП-структур.

Для исследований были изготовлены МСЭП-структуры, представляющие собой кремниевую подложку р-типа, сегнетоэлектрическую пленку и верхний металлический электрод. Сегнетоэлектрическая пленка толщиной 330 ± 15 nm наносилась на кремниевую подложку методом высокочастотного распыления поликристаллической мишени в атмосфере кислорода. Верхний электрод формировался электронно-лучевым методом через теньевую маску. Площадь электродов составляла $\approx 2.7 \times 10^{-4}$ cm², толщина 0.1 ± 0.01 μm. Материал электрода – медь (Cu), никель (Ni), хром (Cr) и алюминий (Al).

Проведенные измерения вольтфарадных характеристик (ВФХ) МСЭП-структур показало, что наибольшее значение отношения максимальной емкости образца к минимальной (5.11) наблюдалось у структуры с электродом из Ni, а наименьшее - (3.85) у структуры с электродом из Cr.

Измеренные при комнатной температуре и постоянном напряжении смещения $V_g = -20$ V частотные зависимости емкости и тангенса угла диэлектрических потерь ($\tan \delta$) МСЭП-структур показало, что у всех образцов с ростом частоты значения емкости падали. Наибольшее падение емкости наблюдалось у структуры с электродом из Ni, наименьшее - у структуры с электродом из Cu.

Измеренные графики частотной зависимости тангенса угла диэлектрических потерь для МСЭП-структур были идентичны и показывали рост с увеличением частоты. Значение тангенса угла диэлектрических потерь составляло ≈ 0.02 в диапазоне частот 10 – 80 kHz и возрастало до ≈ 0.14 в диапазоне 80 - 1000 kHz.

Проведенные измерения величины емкости МСЭП-структур от температуры показали, что при повышении температуры наблюдалось уменьшение емкости у всех структур. Установлено, что структуры с электродами из Al, Cu и Ni более термостабильны по сравнению со структурой с электродом из Cr.

Проведены измерения зависимости отношения максимальной емкости образца к минимальной (C_{\max}/C_{\min}) от числа циклов переключения. Установлено, что после 3×10^3 циклов переключений для всех МСЭП-структур значения C_{\max}/C_{\min} не менялись. После 3×10^3 и до 10^6 циклов переключений значения отношений максимальной емкости образца к минимальной изменялись у всех структур практически одинаково, но не более чем на 15%.

Проведенные исследования показали, что электрофизические свойства структур зависят от материала, из которых изготовлены верхние электроды. Для каждого материала электрода может быть определена своя ниша при создании МСЭП-структур и устройств на их основе для нового поколения устройств энергонезависимой памяти.

Работа выполнена в рамках государственного задания и частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты РФФИ №18-29-11029, №19-07-00271 и №19-29-03042).

Библиографический список

1. Воротилов К.А., Мухортов В.М., Сигов А.С. Интегрированные сегнетоэлектрические устройства / под ред. чл.-корр. РАН А.С. Сигова. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 175 с.