



1T-1C-ЯЧЕЙКИ И МАССИВЫ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГАФНИЯ

HfO₂-BASED 1T-1C FERROELECTRIC MEMORY CELLS AND ARRAYS

УДК 538.956/537.226.4

ЧЕРНИКОВА АННА ГЕОРГИЕВНА¹
chernikova.ag@mipt.ru

CHERNIKOVA ANNA G.¹
chernikova.ag@mipt.ru

КРАСНИКОВ ГЕННАДИЙ ЯКОВЛЕВИЧ²

KRASNIKOV GENNADY YA.²

ГОРНЕВ ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ²

GORNEV EVGENII S.²

КОЗОДАЕВ МАКСИМ ГЕННАДЬЕВИЧ¹

KOZODAYEV MAKSIM G.¹

НЕГРОВ ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ¹

NEGROV DMITRIY V.¹

ОРЛОВ ОЛЕГ МИХАЙЛОВИЧ²

ORLOV OLEG M.²

ЗЕНКЕВИЧ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ¹

ZENKEVICH ANDREY V.¹

МАРКЕЕВ АНДРЕЙ МИХАЙЛОВИЧ¹

MARKEYEV ANDREY M.¹

¹ Московский физико-технический институт
(государственный университет)

¹ Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

² АО «НИИ молекулярной электроники»

² Molecular Electronics Research Institute JSC

Ключевые слова: энергонезависимая память; сегнетоэлектричество; атомно-слоевое осаждение; оксид гафния; тонкие пленки; орторомбическая фаза.

Keywords: non-volatile memory; ferroelectricity; atomic layer deposition; hafnium oxide; thin films; orthorhombic phase.

В данной работе представлены результаты формирования ячеек сегнетоэлектрической памяти, изготовленных по технологии «1 транзистор — 1 сегнетоэлектрический конденсатор» (1T-1C), на основе полностью изготовленного методом атомно-слоевого осаждения (АСО) сегнетоэлектрического конденсатора TiN/Hf_{0,5}Zr_{0,5}O₂/TiN с толщиной функционального слоя Hf_{0,5}Zr_{0,5}O₂ 10 нм. Было продемонстрировано значение остаточной поляризации на уровне 2P_r = 20 мкКл/см². Сегнетоэлектрические конденсаторы TiN/Hf_{0,5}Zr_{0,5}O₂/TiN были интегрированы с транзисторами, изготовленными по полностью промышленной технологии 180 нм. Было показано, что сформированные таким образом 1T-1C-ячейки памяти характеризуются перспективным ресурсом — количеством циклов чтения-записи более 10¹⁰. Кроме того,

было продемонстрировано формирование массива 1T-1C-ячеек емкостью 1 Мб. В данной работе также предложены пути последующего улучшения характеристик 1T-1C-ячеек памяти путем формирования тонкопленочных сегнетоэлектрических слоев на основе оксида гафния, способных демонстрировать более перспективные характеристики. Так, продемонстрировано формирование тонкопленочной трехкомпонентной системы HfO₂-ZrO₂-La₂O₃ с низкой температурой кристаллизации, высокой остаточной поляризацией и перспективным ресурсом. В результате намечены пути создания сегнетоэлектрического конденсатора TiN/HfO₂-ZrO₂-La₂O₃/TiN полностью методом АСО для дальнейшей интеграции с транзисторами и формирования ячеек сегнетоэлектрической энергонезависимой памяти нового поколения.

In this work, we report on the formation of 1T-1C ferroelectric memory cell based on the fully atomic layer deposited (ALD) TiN/Hf_{0,5}Zr_{0,5}O₂/TiN trilayers, i.e. ferroelectric capacitor. This ferroelectric capacitor based on 10nm thick Hf_{0,5}Zr_{0,5}O₂ exhibits ferroelectric properties with the remnant polarization of 2P_r = 20 μC/cm². It was integrated with CMOS transistors, formed by 180nm technological node. As formed

fully CMOS compatible memory cells were found to demonstrate rather good endurance following 10¹⁰ switching cycles. Further, the formation of 1Mb array of such 1T-1C memory cells was successfully demonstrated. Moreover, in this work we present the further discussion of the possible ways to improve the properties of such FeRAM cells in terms of materials engineering. For this purpose ternary multicomponent

HfO₂-ZrO₂-La₂O₃ system was investigated in terms of ferroelectric response in dependence of annealing temperature, which would result in the preferred ferroelectric orthorhombic polar phase formation. As a result, rather promising remnant polarization value as well as endurance characteristics of fully plasma-enhanced ALD grown TiN/HfO₂-ZrO₂-La₂O₃/TiN trilayers were demonstrated.