

ВЛИЯНИЕ БЫСТРОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОДЗАТВОРНОГО ДИЭЛЕКТРИКА НА ПАРАМЕТРЫ МИКРОСХЕМ ВРЕМЕННЫХ УСТРОЙСТВ

К. т. н. В. А. Солодуха, д. т. н. В. А. Пилипенко, В. А. Горушко, В. А. Филипена

ОАО «ИНТЕГРАЛ» — управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»
Беларусь, г. Минск
office@bms.by

Представлены результаты исследования влияния быстрой термической обработки подзатворного диэлектрика на электрофизические параметры программируемых КМОП-микросхем временных устройств с коррекцией 512ПС8. Показано, что данная обработка позволяет снизить ток утечки, зарядовые состояния и повысить надежность данных микросхем.

Ключевые слова: микросхемы временных устройств, быстрая термообработка, подзатворный диэлектрик, ток утечки

Для исследования влияния быстрой термической обработки (БТО) подзатворного диэлектрика на параметры микросхемы было выбрано программируемое временное устройство с коррекцией 512ПС8, которое предназначено для использования в радиоэлектронной аппаратуре специального назначения. Оно имеет в своем составе как p -, так и n -канальные транзисторы с толщиной подзатворного диэлектрика 75 ± 5 нм и включает в свой состав 1400 элементов, выполненных по КМОП-технологии с карманом p -типа.

В качестве анализируемых параметров данного устройства были выбраны пробивное напряжение и ток утечки затвора, величина заряда пробоя подзатворного диэлектрика, а также проведены его термополевые испытания. Пробивное напряжение затвора измерялось в следующем режиме: сток и исток заземлены, а на затвор подавалась линейная развертка напряжения от 0 до -100 В с шагом -1 В. Ток утечки затвора $I_{з,ут}$ определялся при напряжении затвора -20 В.

Данные параметры анализировались как для p -, так и n -канальных транзисторов. После формирования подзатворного диэлектрика проводилась его быстрая термообработка путем облучения нерабочей стороны пластины некогерентным световым потоком в течение 7 с, что обеспечивало нагрев пластины до 1100°C . Термообработка осуществлялась при наличии окисла с нерабочей стороны пластины и без него. Далее формировались микросхемы программируемого временного устройства с коррекцией 512ПС8 и проводился контроль ранее указанных параметров.

Исследования p -канальных транзисторов показали уменьшение тока утечки в 2,12 раза и увеличение пробивного напряжения в 1,03 раза в случае обработки подзатворного диэлектрика без удаления окисла с нерабочей стороны пластины по сравнению с микросхемами, изготовленными по стандартной технологии. В случае микросхем, обработанных без наличия диэлектрика на нерабочей стороне пластины, величина тока утечки подзатворного диэлектрика уменьшилась в 5,29 раза, а пробивного напряжения увеличилась в 1,05 раза. Такое поведение указанных параметров объясняется тем, что при наличии с нерабочей стороны двуокиси кремния имеет место значительное увеличение отражения от нее светового потока, приводящее к более низкой температуре нагрева пластины, а следовательно, и к меньшему изменению структуры подзатворного диэлектрика.

Оценка величины заряда пробоя подзатворного диэлектрика показала, что проведение БТО подзатворного диэлектрика при наличии окисла с нерабочей стороны пластины обеспечивает величину заряда пробоя $0,169 \text{ Кл/см}^2$, а при его отсутствии — $0,237 \text{ Кл/см}^2$. В то же время на микросхемах, не подвергнутых БТО подзатворного диэлектрика, величина заряда пробоя составляет $0,220 \text{ Кл/см}^2$. Столь низкий заряд пробоя подзатворного диэлектрика при быстрой термообработке в случае наличия диэлектрика с нерабочей стороны пластины, связан с увеличением коэффициента отражения обрабатываемой поверхности, что приводит к уменьшению температуры обработки, которой недостаточно для достижения структурного совершенства подзатворного диэлектрика.

Аналогичные исследования данных параметров были проведены и для *n*-канального транзистора данной микросхемы. Анализ полученных результатов показывает уменьшение в 1,45 раза тока утечки и увеличение пробивного напряжения в 1,07 раза в случае БТО подзатворного диэлектрика с наличием окисла на нерабочей стороне пластины. В случае отсутствия диэлектрика на облучаемой стороне ток утечки подзатворного диэлектрика в 10,67 раза ниже, а пробивное напряжение выше в 1,10 раза. Такое поведение данных параметров обусловлено теми же причинами, что и в случае *p*-канального транзистора.

Проведение исследований по влиянию быстрой термообработки подзатворного диэлектрика *n*-канального транзистора на величину заряда его пробоя показало, что обработка при наличии на облучаемой поверхности окисла обеспечивает величину заряда пробоя $2,040 \text{ Кл/см}^2$, а при его отсутствии — $2,230 \text{ Кл/см}^2$, в то время как при стандартном процессе создания данной микросхемы эта величина составляет $1,230 \text{ Кл/см}^2$. Такое поведение величины пробоя объясняется тем, что БТО при отсутствии двуокиси кремния на облучаемой поверхности оказывает наиболее эффективное влияние на повышение качества и надежности подзатворного диэлектрика.

Сопоставление результатов измерения термополевой стабильности микросхем 512ПС8 с расчетными значениями сдвига порогового напряжения показало, что данная величина составляет -4 мВ для микросхем, прошедших быструю термообработку подзатворного диэлектрика с двуокисью кремния на облучаемой поверхности, и -2 мВ без нее, а в случае стандартного процесса ее значение равно -7 мВ . Это означает, что микросхемы, прошедшие БТО подзатворного диэлектрика, имеют более низкое зарядовое состояние по сравнению со стандартным технологическим процессом.

Приведенные данные позволяют утверждать, что наиболее эффективное влияние на качество и надежность подзатворного диэлектрика оказывает проведение его БТО без наличия окисла на облучаемой поверхности.

Таким образом, проведение БТО подзатворного диэлектрика без наличия на обрабатываемой поверхности окисла позволяет уменьшить ток утечки затвора в 5,29 раза, зарядовые состояния в 3,50 раза и повысить в 1,07 раза надежность *p*-канального транзистора, а для *n*-канального транзистора данные величины составляют 10,67; 3,50 и 1,81 раза соответственно, что обеспечивает качество создаваемых программируемых КМОП-микросхем временных устройств с коррекцией 512ПС8.

V. A. Solodukha, V. A. Pilipenko, V. A. Gorushko, V. A. Philipenia

Influence of the rapid thermal treatment of gate dielectric on the parameters of integrated circuits of time devices

The paper presents the investigation results of influence of the rapid thermal treatment of the gate dielectric on the electrical-physical parameters of the programmable CMOS-integrated circuits of the time devices with the 512ПС8 correction. It was demonstrated, that the given treatment makes it possible to reduce the leakage current, charge states and enhance reliability of the given integrated circuits.

Key words: time devices integrated circuit, rapid thermal treatment, gate dielectric, leakage current.