Влияние воздействия ионизирующих излучений и горячих электронов на МОП структуры

**Человек:** Проведено исследование деградации метало -оксидных полупроводниковых МОП структур с нитрированием подзатворного оксида при воздействии горячих электронов и ионизирующего излучения. Были исследованы два фактора, вызывающие деградацию МОП структур и на которые, имеет разное влияние нитрирование. Получены результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования. Показано что температура и длительность операции нитрирования уменьшают величину изменения напряжения. Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием увеличения воздействия ловушек электронов, или уменьшения воздействия ловушек дырок. Деградация характеристик приборов под воздействием радиоактивного облучения и горячих электронов существенно зависят от температуры и длительности термического нитрирования. Опасность радиоактивного облучения постоянно уменьшается при увеличении степени нитрирования, а опасность деградации под действием горячих электронов при увеличении степени нитрирования уменьшается, но с дальнейшим увеличением степени нитрирования также увеличивается.

**Key words:** полупроводниковый прибор, технология СБИС, МОП, нитрирование, диоксид кремния, термообработка, деградация, горячие электроны, радиационная стойкость, оксид кремния

=================================

**FastText\_KMeans\_Clean:** Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Теоретические расчеты показывают, что длина связки Si—N в структуре Si2N2O равная 0,12 нм, короче, чем длина связки Si—О в тетраэдной структуре SiO4, равная 0,262 нм. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе.

**Key words part:** 0.52

=================================

**FastText\_KMeans\_Raw/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. Оценки изменения параметров после облучения проводились методом вольт-фарадных характеристик, снимавшихся в высокочастотном и квази­статическом режимах. Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием либо увеличения воздействия ловушек электронов, либо уменьшения воздействия ловушек дырок.

**Key words part:** 0.52

=================================

**FastText\_PageRank\_Clean/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. Оксид был термически нитрирован при температуре 900- 1200 °С в течение 10, 30 и 60с. МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием либо увеличения воздействия ловушек электронов, либо уменьшения воздействия ловушек дырок. Теоретические расчеты показывают, что длина связки Si—N в структуре Si2N2O равная 0,12 нм, короче, чем длина связки Si—О в тетраэдной структуре SiO4, равная 0,262 нм. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Исследовалась эта зависимость для области затвора, результаты исследования показаны на рис. 2.

**Key words part:** 0.56

=================================

**FastText\_PageRank\_Raw/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. Оксид был термически нитрирован при температуре 900- 1200 °С в течение 10, 30 и 60с. МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием либо увеличения воздействия ловушек электронов, либо уменьшения воздействия ловушек дырок. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Исследовалась эта зависимость для области затвора, результаты исследования показаны на рис. 2. Нитрирование обеспечивает существенную защиту, при нитрировании оксида радиационная стойкость приборов повышается [3, 4].

**Key words part:** 0.72

=================================

**Mixed\_ML\_TR/:** Оксид был термически нитрирован при температуре 900- 1200 °С в течение 10, 30 и 60с. Оценки изменения параметров после облучения проводились методом вольт-фарадных характеристик, снимавшихся в высокочастотном и квази­статическом режимах. Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Генерация межслойных состояний уменьшается как при увеличении температуры, так и при увеличении длительности нитрирования. Теоретические расчеты показывают, что длина связки Si—N в структуре Si2N2O равная 0,12 нм, короче, чем длина связки Si—О в тетраэдной структуре SiO4, равная 0,262 нм. Зависимость изменения плотности межслойных состояний вызванного облучением 0,5 Мрад а), при разных температурах и длительности нитрирования, б- изменение напряжения ΔV в результате облучения, для образцов, подвергавшихся нитрированию при температуре: 1- 900 °С, 2- 1000 °С, 3- 1100 °С, 4- 1200 °С. Зависимость изменения плотности межслойных состояний, вызванная облучением, по площади затвора для чистого оксида (1) и для нитрирования при температуре 1100 °С в течение 60 с (2).

**Key words part:** 0.48

=================================

**MultiLingual\_KMeans/:** Оксид был термически нитрирован при температуре 900- 1200 °С в течение 10, 30 и 60с. Оценки изменения параметров после облучения проводились методом вольт-фарадных характеристик, снимавшихся в высокочастотном и квази­статическом режимах. Генерация межслойных состояний уменьшается как при увеличении температуры, так и при увеличении длительности нитрирования. Теоретические расчеты показывают, что длина связки Si—N в структуре Si2N2O равная 0,12 нм, короче, чем длина связки Si—О в тетраэдной структуре SiO4, равная 0,262 нм. Зависимость изменения плотности межслойных состояний, вызванная облучением, по площади затвора для чистого оксида (1) и для нитрирования при температуре 1100 °С в течение 60 с (2).

**Key words part:** 0.44

=================================

**Multilingual\_PageRank/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Для сильно нитрированных образцов наблюдается изменение почти на порядок. Теоретические расчеты показывают, что длина связки Si—N в структуре Si2N2O равная 0,12 нм, короче, чем длина связки Si—О в тетраэдной структуре SiO4, равная 0,262 нм. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Исследовалась эта зависимость для области затвора, результаты исследования показаны на рис. 2. При понижении температуры нитрирования и сокращении ее длительности эффект соответственно снижается.

**Key words part:** 0.56

=================================

**RuBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. При нагрузке плотностью постоянного тока -1 мА/см2 (имитация горячих электронов) изменение плотности межслойных состояний в зависимости от длительности нитрирования при разных температурах (рис. 3), после некоторого времени нитрирования прекращает нарастать и начинает уменьшаться.

**Key words part:** 0.56

=================================

**RuBERT\_KMeans\_With\_ST/:** Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Генерация межслойных состояний уменьшается как при увеличении температуры, так и при увеличении длительности нитрирования. Рис. 1б показывает изменение порогового напряжения ΔV в результате облучения, также для образцов, подвергавшихся нитрированию при разных температурах с разной длительностью. Как видно из рис. 1б увеличение температуры и длительности нитрирования снижают величину изменения напряжения. Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием либо увеличения воздействия ловушек электронов, либо уменьшения воздействия ловушек дырок. Поэтому в результате нитрирования происходит ограничение оксидной области, вызванное формированием связки кремний-азот. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Опасность радиоактивного облучения постоянно снижается при увеличении степени нитрирования, а опасность деградации под действием горячих электронов при увеличении степени нитрирования вначале уменьшается, но при дальнейшем увеличении степени нитрирования начинает расти.

**Key words part:** 0.56

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Генерация межслойных состояний уменьшается как при увеличении температуры, так и при увеличении длительности нитрирования. Как видно из рис. 1б увеличение температуры и длительности нитрирования снижают величину изменения напряжения. Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием либо увеличения воздействия ловушек электронов, либо уменьшения воздействия ловушек дырок. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе.

**Key words part:** 0.52

=================================

**RUBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием либо увеличения воздействия ловушек электронов, либо уменьшения воздействия ловушек дырок. По мере увеличения длительности нитрирования связки кремний-кислород уничтожаются и заменяются связками кремний-азот. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Нитрирование обеспечивает существенную защиту, при нитрировании оксида радиационная стойкость приборов повышается [3, 4]. При понижении температуры нитрирования и сокращении ее длительности эффект соответственно снижается.

**Key words part:** 0.6

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_Without\_ST/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. Как видно из рис. 1б увеличение температуры и длительности нитрирования снижают величину изменения напряжения. Зависимость изменения плотности межслойных состояний вызванного облучением 0,5 Мрад а), при разных температурах и длительности нитрирования, б- изменение напряжения ΔV в результате облучения, для образцов, подвергавшихся нитрированию при температуре: 1- 900 °С, 2- 1000 °С, 3- 1100 °С, 4- 1200 °С. Влияние нитрирования на радиационную стойкость определяется генерацией промежуточных состояний вследствие распространения дефектов, вызванных облучением, в направлении границы диоксид кремния –кремний [1, 2]. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе.

**Key words part:** 0.64

=================================

**RUSBERT\_KMeans\_With\_ST/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. Как видно из рис. 1б увеличение температуры и длительности нитрирования снижают величину изменения напряжения. Зависимость изменения плотности межслойных состояний вызванного облучением 0,5 Мрад а), при разных температурах и длительности нитрирования, б- изменение напряжения ΔV в результате облучения, для образцов, подвергавшихся нитрированию при температуре: 1- 900 °С, 2- 1000 °С, 3- 1100 °С, 4- 1200 °С. Влияние нитрирования на радиационную стойкость определяется генерацией промежуточных состояний вследствие распространения дефектов, вызванных облучением, в направлении границы диоксид кремния –кремний [1, 2]. Исследовалась эта зависимость для области затвора, результаты исследования показаны на рис. 2.

**Key words part:** 0.64

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_Without\_ST/:** МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Для сильно нитрированных образцов наблюдается изменение почти на порядок. Теоретические расчеты показывают, что длина связки Si—N в структуре Si2N2O равная 0,12 нм, короче, чем длина связки Si—О в тетраэдной структуре SiO4, равная 0,262 нм. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Исследовалась эта зависимость для области затвора, результаты исследования показаны на рис. 2.

**Key words part:** 0.4

=================================

**RUSBERT\_page\_rank\_With\_ST/:** МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Для сильно нитрированных образцов наблюдается изменение почти на порядок. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Исследовалась эта зависимость для области затвора, результаты исследования показаны на рис. 2.

**Key words part:** 0.48

=================================

**Simple\_PageRank/:** Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Рис. 1б показывает изменение порогового напряжения ΔV в результате облучения, также для образцов, подвергавшихся нитрированию при разных температурах с разной длительностью. Зависимость изменения плотности межслойных состояний вызванного облучением 0,5 Мрад а), при разных температурах и длительности нитрирования, б- изменение напряжения ΔV в результате облучения, для образцов, подвергавшихся нитрированию при температуре: 1- 900 °С, 2- 1000 °С, 3- 1100 °С, 4- 1200 °С. Влияние нитрирования на радиационную стойкость определяется генерацией промежуточных состояний вследствие распространения дефектов, вызванных облучением, в направлении границы диоксид кремния –кремний [1, 2]. Зависимость изменения плотности межслойных состояний, вызванная облучением, по площади затвора для чистого оксида (1) и для нитрирования при температуре 1100 °С в течение 60 с (2). При нагрузке плотностью постоянного тока -1 мА/см2 (имитация горячих электронов) изменение плотности межслойных состояний в зависимости от длительности нитрирования при разных температурах (рис. 3), после некоторого времени нитрирования прекращает нарастать и начинает уменьшаться.

**Key words part:** 0.76

=================================

**TextRank/:** Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Рис. 1б показывает изменение порогового напряжения ΔV в результате облучения, также для образцов, подвергавшихся нитрированию при разных температурах с разной длительностью. Зависимость изменения плотности межслойных состояний вызванного облучением 0,5 Мрад а), при разных температурах и длительности нитрирования, б- изменение напряжения ΔV в результате облучения, для образцов, подвергавшихся нитрированию при температуре: 1- 900 °С, 2- 1000 °С, 3- 1100 °С, 4- 1200 °С. Зависимость изменения плотности межслойных состояний, вызванная облучением, по площади затвора для чистого оксида (1) и для нитрирования при температуре 1100 °С в течение 60 с (2). При нагрузке плотностью постоянного тока -1 мА/см2 (имитация горячих электронов) изменение плотности межслойных состояний в зависимости от длительности нитрирования при разных температурах (рис. 3), после некоторого времени нитрирования прекращает нарастать и начинает уменьшаться. Изменение плотности межслойных состояний в зависимости от длительности нитрирования при температурах: 1- 900 °С, 2- 1200 °С, 3- 1100 °С.

**Key words part:** 0.56

=================================

**TF-IDF\_KMeans/:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. Оксид был термически нитрирован при температуре 900- 1200 °С в течение 10, 30 и 60с. МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Поэтому в результате нитрирования происходит ограничение оксидной области, вызванное формированием связки кремний-азот. Зависимость изменения плотности межслойных состояний вызванного облучением 0,5 Мрад а), при разных температурах и длительности нитрирования, б- изменение напряжения ΔV в результате облучения, для образцов, подвергавшихся нитрированию при температуре: 1- 900 °С, 2- 1000 °С, 3- 1100 °С, 4- 1200 °С. Влияние нитрирования на радиационную стойкость определяется генерацией промежуточных состояний вследствие распространения дефектов, вызванных облучением, в направлении границы диоксид кремния –кремний [1, 2]. Деградация характеристик приборов под воздействием радиоактивного облучения и горячих электронов существенно зависят от температуры и длительности термического нитрирования.

**Key words part:** 0.84

=================================

**Текст:** Термический оксид на кремниевой пластине диаметром 100 мм, р -типа (100) имел толщину около 10 нм. Оксид был термически нитрирован при температуре 900- 1200 °С в течение 10, 30 и 60с. МОП структуры были изготовлены с этой оксидной пленкой как подзатворным диэлектриком по стандартному поликремниевому процессу. Ионизирующее облучение проводилось рентгеновским излучением энергией 50 кэВ до дозы 0,5 Мрад по кремнию. Оценки изменения параметров после облучения проводились методом вольт-фарадных характеристик, снимавшихся в высокочастотном и квази­статическом режимах.. Результаты воздействия ионизирующего облучения на МОП структуры с термическим нитрированием при различной температуре и длительности нитрирования и без нитрирования показаны на рис.1. На рис. 1а показана зависимость изменения плотности межслойных состояний (ΔDitm \* 1011 см-2эВ-1) вызванного облучением 0,5 Мрад при разных температурах и длительности нитрирования. Генерация межслойных состояний уменьшается как при увеличении температуры, так и при увеличении длительности нитрирования. Для сильно нитрированных образцов наблюдается изменение почти на порядок. Рис. 1б показывает изменение порогового напряжения ΔV в результате облучения, также для образцов, подвергавшихся нитрированию при разных температурах с разной длительностью. Как видно из рис. 1б увеличение температуры и длительности нитрирования снижают величину изменения напряжения. Наблюдающиеся изменения напряжения могут быть следствием либо увеличения воздействия ловушек электронов, либо уменьшения воздействия ловушек дырок. Теоретические расчеты показывают, что длина связки Si—N в структуре Si2N2O равная 0,12 нм, короче, чем длина связки Si—О в тетраэдной структуре SiO4, равная 0,262 нм. Поэтому в результате нитрирования происходит ограничение оксидной области, вызванное формированием связки кремний-азот.. . . Рис. 1. Зависимость изменения плотности межслойных состояний вызванного облучением 0,5 Мрад а), при разных температурах и длительности нитрирования, б- изменение напряжения ΔV в результате облучения, для образцов, подвергавшихся нитрированию при температуре: 1- 900 °С, 2- 1000 °С, 3- 1100 °С, 4- 1200 °С.. По мере увеличения длительности нитрирования связки кремний-кислород уничтожаются и заменяются связками кремний-азот. Влияние нитрирования на радиационную стойкость определяется генерацией промежуточных состояний вследствие распространения дефектов, вызванных облучением, в направлении границы диоксид кремния –кремний [1, 2]. Скорость распространения зависит от градиента напряжений на границе. Исследовалась эта зависимость для области затвора, результаты исследования показаны на рис. 2. Нитрирование обеспечивает существенную защиту, при нитрировании оксида радиационная стойкость приборов повышается [3, 4]. При понижении температуры нитрирования и сокращении ее длительности эффект соответственно снижается.. . Рис. 2. Зависимость изменения плотности межслойных состояний, вызванная облучением, по площади затвора для чистого оксида (1) и для нитрирования при температуре 1100 °С в течение 60 с (2).. При нагрузке плотностью постоянного тока -1 мА/см2 (имитация горячих электронов) изменение плотности межслойных состояний в зависимости от длительности нитрирования при разных температурах (рис. 3), после некоторого времени нитрирования прекращает нарастать и начинает уменьшаться.. . Рис. 3. Изменение плотности межслойных состояний в зависимости от длительности нитрирования при температурах: 1- 900 °С, 2- 1200 °С, 3- 1100 °С.. Деградация характеристик приборов под воздействием радиоактивного облучения и горячих электронов существенно зависят от температуры и длительности термического нитрирования. Опасность радиоактивного облучения постоянно снижается при увеличении степени нитрирования, а опасность деградации под действием горячих электронов при увеличении степени нитрирования вначале уменьшается, но при дальнейшем увеличении степени нитрирования начинает расти.