БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра ЭВС

РЕФЕРАТ

На тему:

«ПЗС в устройствах обработки сигналов памяти и приемниках изображения»

МИНСК, 2008

К числу основных параметров элементов ПЗС относятся: рабочая амплитуда управляющих напряжений, максимальная величина зарядового пакета, предельные ( минимальная и максимальная ) тактовая частоты, эффективность переноса зарядового пакета, рассеиваемая мощность.

Рабочая амплитуда управляющих напряжений на затворах определяется двумя основными условиями. Она должна быть достаточно большой для обеспечения требуемой величины зарядового пакета и полного смыкания обеденных слоев соседних элементов, чтобы под их затворами образовывалась общая потенциальная яма переносе зарядового пакета ( см. рис. 6). Чем меньше расстояние между амплитуда управляющих напряжений, типичные значения которой 10…20 В.

Максимальная величина зарядового пакета Qn макс является важным пакетом, характеризующим управляющую способность ПЗС. Она пропорциональна амплитуде управляющего напряжения и площади затвора. В элементе с размерами затвора 10\*20 мкм и d = 0,1 мкм при /\ ф пов = 5 В Qn макс = 0,35 пКл. На практике выбирают вдвое меньшую величину для предотвращения потерь зарядового пакета, вызванных выходом части электронов из потенциальной ямы в подложку ( имеются в виду электроны, энергия которых достаточна для преодоления потенциального барьера).

Минимальная тактовая частота f т.мин обратно пропорциональна максимально допустимому времени хранения зарядового пакета в одном элементу. Это время ограничено, так как постепенно величина зарядового пакета изменяется вследствие неконтролируемого накопления электронов в потенциальных ямах под затвором. Эти электроны появляются в результате тепловой генерации носителей заряда в обедненном слое и на границе полупроводника с диэлектриком, а также за счет диффузии из подложки.

Для определения f т.мин рассмотрим режим работы ПЗС, в котором зарядовые пакеты в него не вводятся. Под всеми затворами, на которые подаются высокие напряжения, возникают потенциальные ямы для электронов. Термически генерируемые электроны будут собираться в этих ямах, образуя ток термогенерации, плотность которого обозначим jт. Если на затворы ПЗС подается непрерывная последовательность тактовых импульсов с частотой jт, то на выходе канала переноса в каждом такте появляется паразитный заряд Qп = SзN jт / f т, где N- число элементов для канала переноса. Паразитный заряд не должен превышать некоторую часть а максимального зарядового пакета, т.е.

Qп / Q n макс = jт N / f т Сд.уд /\ ф пов макс < a , где Сд.уд – удельная емкость диэлектрика;

/\ ф пов макс- максимальное изменение поверхностного потенциала при наличии под затвором заряда Q n макс. При N = 10 , d = 0,1 мкм, jт = 10 / cм , ф пов макс = 5 В и получаем f т > 60 кГц.

Для увеличения допустимого времени хранения зарядового пакета и уменьшения

f т.мин снижают концентрацию объемных центров рекомбинации, плотность поверхностных состояний и рабочую температуру.Типичные значения f т.мин = 30…300Гц.

Максимальная тактовая частота f т.макс обратно пропорциональна минимально допустимому времени переноса. При работе с максимальной тактовой частотой перенос зарядного пакета в следующий элемент начинается непосредственно после окончания его переноса в данный элемент. Минимально допустимое время переноса зарядового пакета связано с эффективностью его переноса.

Эффективность переноса определяется соотношением n = Qn(i+1) / Qni, где Qni, Qn(i+1) – зарядовые пакеты в i- м элементе после переноса n < 1.Допустимое уменьшение зарядового пакете при многократных переносах зависит от типа устройства. При заданном допустимом уменьшении зарядового пакета эффективность переноса определяет максимальное число элементов, через которые может быть передан зарядовый пакет. При анализе переноса часто используют величину n = 1 – n ,называемую коэффициентом потерь. Для сложных устройств на ПЗС с большим числом переносов требуемые значения n = 0, 999…0,99999 и соответственно n = 10 …10 .

На рис.9 показаны типичные зависимости коэффициента потерь от тактовой частоты дл рассмотрения выше элементов ПЗС с поверхностным переносом для рассмотренных выше элементов ПЗС с поверхностным переносом зарядовых пакетов 1 и с объемным переносом 2 ( см.3 ) Потери зарядового пакета при переносе на высоких тактовых частотах в основном вызваны тем, что малое время, отводимое на пернос, часть электронов не успевает переместиться в соседний элемент и остается в предыдущем. Эти потери резко увеличиваются с ростом тактовой частоты, т.е. при уменьшении интервала времени, отводимого на перенос.

Минимально допустимое время на переноса зависит от требуемой эффективности переноса, длины затвора L3 и подвижности электронов. В конце переноса ( см. рис11.6) напряженность поля под вторым ( или пятым) затвором уменьшается. В это время заряд, оставшийся под затвором, очень мал и не влияет на распределение потенциала, поэтому потенциал под ним практически постоянный. Оставшаяся под затвором малая часть зарядового пакета /\ Q2 ( или /\Qт5) перемещается под соседний затвор в основном за счет диффузии, причем она убывает приблизительно по экспоненциальному закону вида /\Qn (t) –exp (- t / т диф), где т диф- постоянная времени, характеризующая диффузию электронов,

т диф – постоянная времени, характеризующая диффузию электронов, т диф = L / 2Dn. В соответствии с соотношением Эйнштейна коэффициент диффузии электронов Dn = ф т м n.

Чем больше требуемая эффективность переноса, тем большее время необходимо отвести на перенос зарядового пакета и тем ниже максимальная тактовая частота управляющих импульсов ( см. рис.9). На более низких тактовых частотах ( f т<< fт. макс) эффективность переноса достигает максимального значения, которое практически не зависит от тактовой частоты. На этих частотах зарядового пакета обусловлены захватом части электронов поверхностными ловушками . За время переноса ловушки не успевают отдать все захваченные ими электроны. Потери такого типа увеличиваются, если данный зарядовый пакет переносится через элементы, не содержащие перед этим другим зарядовых пакетов, так как в них поверхностные ловушки оказываются незаполненными

Для уменьшения потерь, связанных с поверхностными ловушками, используют фоновый заряд, вводимый во все элементы. При этом управляющее напряжение тактовых импульсов ( см. рис.5) понижают не до нуля, а до некоторого положительного значения U3 мин , равного, например, 2В. При этом в соответствующих элементах, где формируются неглубокие потенциальные ямы, сохраняется фоновый заряд заполняющий поверхностные ловушки. Тем самым уменьшаются потери зарядового пакета при переносе. Однако потери, связанные с захватом электронов поверхностными ловушками, не снижаются до нуля из=за краевого эффекта: фонового заряд занимает под затвором меньшую площадь, чем информационный зарядовый пакет, т.е. заполняет не все поверхностные ловушки, расположенные вблизи краев затвора. Кроме того, часть электронов захватывается ловушками, расположенными между затворами. Используя фоновый заряд, коэффициент потерь на частотах f т<< fт. макс можно снизить до 10 … 10 .

Рассеиваемая мощность элементов ПЗС очень мала . В стадии хранения она практически не рассеивается, так как текут очень малые токи термогенерации. Мощность рассеивается в элементах ПЗС только в режиме переноса зарядного пакета. Она увеличивается пропорционально тактовой частоте, амплитуде управляющего напряжения и менее 1 мкВт. Столь малая рассеиваемая мощность - одно из их главных достоинств.

Приборы с асимметричными элементами ( см.10 и 11) могут работать и при использовании одной шины управляющих импульсов. При этом на вторую шину подается постоянное напряжение, уровень которого находится посередине между высоким и низким уровнями напряжения. Схемы управления такими приборами намного проще, однако амплитуда управляющих импульсов должна быть приблизительно вдвое больше, чем в двухтактных ПЗС.

Одной из важнейших конструктивных разновидностей являются ПЗС с объемным каналом. В рассмотренных выше ПЗС использовался перенос зарядов в очень тонком слое полупроводника, расположенном вблизи его поверхности. Для них поверхностные состояния и низкая подвижность электронов у поверхности ограничивают эффективность переноса и максимальную тактовую частоту. Улучшить эти параметры прибора можно в том случае, если хранить и передавать зарядовые пакеты на достаточном удалении от поверхности полупроводника. Это условие реализуется в ПЗС с объемным каналом переноса. Структура такого прибора показана на рис.12,а. Для его создания в высокоомной положке р-типа ( концентрация акцепторов около 10 см ) диффузией или ионным легированием формируют тонкий ( толщина около 4 мкм) n-слой с концентрацией доноров около 2\*10 см. На краях n-слоя размещаются входная и выходная области n+- типа, к которым создают омические контакты.

Прибор с объемным каналом переноса работает следующим образом. Предположим, что подложка и все затворы 1 заземлены, входная цепь разомкнута, а к выходному выводу через резистор подключен источник постоянного положительного напряжения ( 30 В), смещающий р-n переход между т- областью и подложкой в обратном направлении. При этих условиях в рассматриваемой структуре образуются не только приповерхностные обедненные области под затворами, но и обедненная область р-n перехода. Если положительное напряжение на n- слое достаточно велико, то приповерхностные подзатворные обедненные области смыкаются ( в вертикальном направлении) с обедненной областью р-n перехода. Под каждым затвором образуется единая обедненная область, энергия электронов в который меньше, чем в подложке и вблизи поверхности полупроводника.

Распределение потенциала в вертикальном направлении по сечению А-А структуры показано на рис.12, б ( кривая 1). Координата х отсчитывается от поверхности полупроводника. Распределение потенциала имеет максимум на глубине х = 3 мкм, т.е. внутри n- cлоя. Он соответствует минимуму потенциальной энергии электронов. Электроны, введенные в такую структуру, будут смещаться электрическим полем к области с минимальной потенциальной энергией. Следовательно, аналогично структуре с поверхностным каналом переноса эта структура способна накапливать и хранить зарядовые пакеты в потенциальных ямах под затворами. В отличие от ПЗС с поверхностным каналом переноса здесь в потенциальных ямах, расположенных в n-слое, накапливаются основные носители – электроны.

Как и в приборах с поверхностным каналом переноса, глубину потенциальной ямы в рассматриваемой структуре можно регулировать, изменяя напряжение на соответствующем затворе. Кривая 2 на рис. 12, б показывает, как влияет повышение напряжения на затворе до 10 В на распределение потенциала ( при пустой потенциальной яме). Заряды можно перемещать из данного элемента в соседний, изменяя напряжения на затворах точно так же, как в трехактных ПЗС с поверхностным каналом переноса ( см. 5). Поскольку минимум потенциальной энергии ( т.е. область накопления зарядовых пакетов) располагается на значительном расстоянии от границы полупроводник – диэлектрик , влияние поверхностных состояний резко ослабляется и увеличивается подвижностью электронов. Эти факторы приводят к увеличению подвижности электронов. Эти факторы приводят к увеличению максимальной тактовой частоты и снижению коэффициента потерь ( см. кривую 2 на рис. 9). Эффективность переноса ПЗС с объемным каналом на средних частотах определяется взаимодействием зарядовых пакетов с объемными ловушками. Концентрация объемных ловушек значительно ниже, чем поверхностных.

Важное достоинство ПЗС с объемным каналом – низкий уровень шумов, обеспечиваемый устранением взаимодействия зарядовых пакетов с поверхностными состояниями. Их недостатком является значительно меньшая величина максимального зарядового пакета, что обусловлено большим расстояние между затвором и областью накопления зарядов.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Петров К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: Учебное пособие для вузов. – СПб: Питер, 2003. – 512 с.
2. Опадчий Ю.Ф. и др. Аналоговая и цифровая электроника: Учебник для вузов / Ю.Ф.Опадчий, О.П.Глудкин, А.И.Гуров; Под.ред. О.П.Глудкина. М.: Горячая Линия – Телеком, 1999. – 768 с.
3. Акимов Н.Н. и др. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справочник / Н.Н.Акимов, Е.П.Ващуков, В.А.Прохоренко, Ю.П.Ходоренок. Мн.: Беларусь, 2004. – 591 с.