

ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО ТРАВЛЕНИЯ НИТРИДА КРЕМНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ИЗОЛЯЦИИ LOCOS ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ СУБМИКРОННЫХ ПРОЕКТНЫХ НОРМ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Емельянов В. В.

Бордусов С. В. – д-р т. н., профессор

Механизмы плазмохимического травления (ПХТ) материалов интересовали многих ученых и технологов, но до недавнего времени исследование механизмов состояло в изучении зависимостей скоростей травления материалов от состава и внешних параметров плазмы. Развитие методов диагностики параметров плазмы (зонды, спектроскопия, в том числе и лазерная), а также применение современных методов анализа поверхности – рентгеноэлектронная спектроскопия, электронная микроскопия, спектроскопия вторичных ионов – позволило подойти как к исследованию механизмов химических реакций в плазме галогеносодержащих газов с целью определения потоков нейтральных частиц на поверхность травимого материала, так и к разработке количественных методов исследования механизмов травления материалов.

По существу, появилась возможность количественной характеристики состава и энергий частиц плазмы, бомбардирующих поверхность материалов, скоростей химических реакций травления и состава продуктов в газовой фазе и твердом теле.

Для плазменного травления кремния, его соединений и некоторых металлов применяют молекулярные газы, содержащие один или более атомов галогенов в своих молекулах. Выбор таких газов объясняется тем, что образуемые ими в плазме элементы реагируют с материалами, подвергаемыми травлению, образуя летучие соединения при температурах, достаточно низких, чтобы обеспечить качественное травление. Для травления с высоким разрешением используются реакторы с электродами в виде параллельных пластин.

Плазма – это направленное движение заряженных частиц в переменном электромагнитном поле. Любой процесс плазмохимического травления можно условно разделить на 3 стадии:

1. Травление пленки
2. Образование полимера
3. Травление полимера

Эти стадии бесконечно повторяются, то есть образуют цикл. Главное условие протекания ПХТ – выполнение следующего неравенства:

$$v_{\text{тр.пл.}} \geq v_{\text{обр.пол.}} \leq v_{\text{тр.пол.}} \quad (1)$$

В том случае, если данное неравенство не соблюдается, травление не происходит.

Основные характеристики любого процесса ПХТ: скорость травления, равномерность травления, селективность.

На скорость травления в разряде галогеносодержащих газов существенное влияние оказывают факторы, зависящие от технологических параметров процесса и конструктивных особенностей оборудования: состав реакционных газов, давление в реакционной камере, величина подводимой мощности, температура обрабатываемой поверхности, площадь обрабатываемых пластин.

Равномерность травления определяется равномерностью доставки травящего газа к поверхности подложки.

Селективность (избирательность) – отношение скоростей травления различных материалов. Принципиально химическая природа взаимодействия реактивных частиц плазмы с материалами позволяет обеспечить высокую селективность процессов ПХТ. Практически для управления селективностью процессов ПХТ используются различные способы, в основе которых лежит управление составом реактивных частиц и состоянием обрабатываемой поверхности. Высокая селективность может быть достигнута только точным подбором взаимодействующих с материалом химически активных частиц и соответствующих условий проведения процесса. Получение высокой селективности процессов ПХТ является достаточно сложной задачей, что связано с многообразием образующихся в плазме химически активных частиц и трудностью управления их концентрациями [1]

Изоляция LOCOS (рисунок 1) представляет из себя локальное окисление оксидом кремния и является межкомпонентной изоляцией в МОП-структурах.

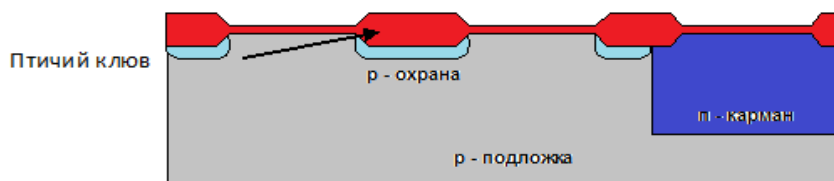


Рис. 1 – изоляция LOCOS

Следовательно, исходя из того, что она является межкомпонентной изоляцией, то ее размер напрямую влияет на размер одного элемента и, как следствие, на размер всего кристалла. В данном докладе будут рассматриваться варианты уменьшения «птичьего клюва», что позволило бы уменьшить размер одного элемента.

Одним из способов уменьшения «птичьего клюва» является, уменьшение толщины оксида кремния, из которого и вырастает LOCOS, но главная проблема этого решения — это селективность травления пленки нитрида к оксиду кремния. Проблема заключается в том, что и нитрид, и оксид травятся в одних смесях газов и их энергии связи в молекулах близки, что сильно сказывается на процессе травления пленки нитрида кремния. При травлении пленки нитрида кремния возникают пристеночные подтравы (рисунок 2) в связи с большей концентрацией ионов в пристеночной зоне из-за микронеровностей, возникающих при травлении [2].

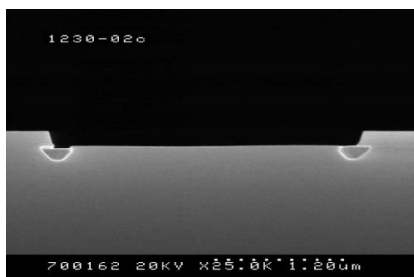


Рис. 2 – Пристеночные затравы

Как видно из рисунков уменьшение толщины оксида кремния с 42.5 нм до 25 нм вызывает сложности при травлении нитрида кремния, лежащего на данном слое оксида кремния. Чтобы обеспечить выход годных изделий при слое оксида кремния 25 нм для серийного производства интегральных микросхем необходимо оптимизировать параметры травления нитрида кремния.

Главная проблема плазмохимического травления нитрида кремния в субмикронных проектных нормах – это селективность его травления относительно оксида. Решение данной проблемы также будет рассматриваться в данном докладе. Для оптимизации процесса травления будут регулироваться параметры установки плазмохимического травления GIR 260 S. Данными параметрами являются: мощность ВЧ генератора, давление смеси рабочих газов и их расход. В качестве смеси рабочих газов был выбран SF₆с добавкой кислорода [3].

Химическая активность плазмы определяется прежде всего ее компонентным составом, который формируется вследствие процессов ионизации, диссоциации, возбуждения и химических реакций. Поэтому рассмотрение взаимосвязи параметров (внешних разряда и внутренних плазмы) следует проводить с точки зрения выяснения влияния мощности, давления, частоты поля, геометрии разрядного пространства на температуры частиц и их концентрации, на характер движения частиц (нейтральных и заряженных) к подложке и на процессы, происходящие на границе раздела «плазма – обрабатываемая поверхность», поскольку их совокупность и определяет характеристики конкретного технологического процесса.

Эксперименты по оптимизации травления нитрида кремния проводятся на кремниевых подложках диаметром 150 мм.

Будут проводиться отдельно исследования по мощности, по давлению и по расходу газов и найдутся оптимальные значения. После будет проводиться контрольный эксперимент по подтверждению полученных данных.

Список использованных источников:

1. Электронный ресурс: <http://www.plasmasystem.ru/technology/pe>
2. Плазменные процессы в производстве изделий электронной техники. В 3-х т. / А.П. Достанко, С.П. Кундас, С.В. Бордусов и др.; Под общ. Ред. Академиком НАН Беларуси А.П. Достанко и Витязя П.А. – Мн.: ФУ Аинформ, 2001. – 292с.
3. Технология СБИС: В 2-х кн. Пер. с англ./Под ред. С. Зи. – М.: Мир, 1986. – 453 с., ил.