

УДК 535.5

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ТРАВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ

В. В. Гладковский, Б. П. Полозов, к. ф.-м. н. О. А. Федорович

Институт ядерных исследований НАН Украины
Украина, г. Киев
v.glad2010@yandex.ua; oafedorovich@kinr.kiev.ua

Представлены результаты исследования влияния напряжения смещения на скорость травления и формирование рельефа кремниевой подложки при плазмохимическом травлении. При увеличении напряжения смещения более – 200 В происходит уменьшения скорости травления.

Ключевые слова: кремний, плазмохимическое травление, напряжение смещения.

В последние годы процессы плазмохимического травления (ПХТ) нашли широкое применение в технологиях микроэлектроники, прежде всего для травления отдельных слоев субмикронных структур, силовых приборов, микромеханики, вычислительной, СВЧ-техники, в связи и т. д. [1]. Однако процессы, протекающие в плазмохимических реакторах, изучены недостаточно. Мало изучены вопросы влияния величины и полярности постоянного напряжения смещения на скорость травления кремния. Мало изученным является вопрос влияния энергии частиц на формирование рельефа обрабатываемой поверхности с помощью ПХТ с ионной стимуляцией низкоэнергетическими ионами [2]. Согласно [3], при ВЧ-разрядах напряжение смещения практически определяет среднюю энергию бомбардирующих мишень ионов.

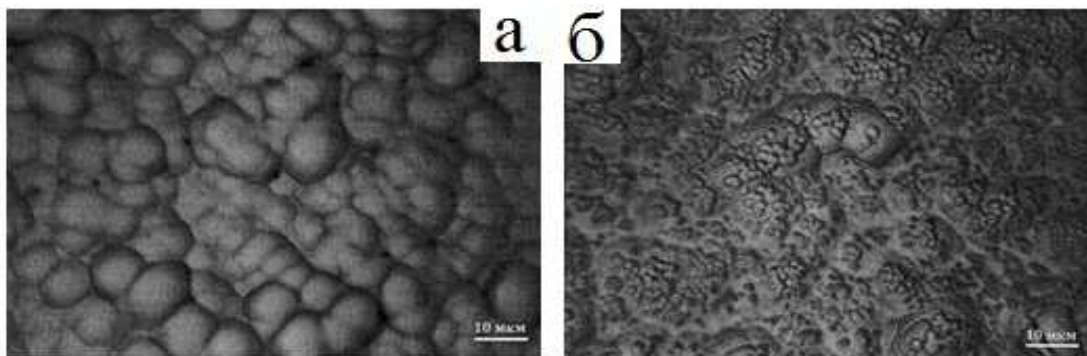
При производстве изделий микроэлектроники возникают задачи удаления поврежденных слоев поверхности кремниевых подложек. При этом используются механическая или химическая обработка поверхности в сравнении с которыми плазмохимическая имеет значительные преимущества. Механическая обработка способствует образованию микротрещин и внутренних механических напряжений, которые значительно влияют на характеристики и качество полученных устройств. Механическую обработку можно проводить до толщины пластины 350 мкм при ее диаметре 102 мм. При этом глубина повреждений может достигать до 50 мкм. Некоторые приборы для улучшения теплоотвода требуют толщины кремния 150—250 мкм. После химической обработки в щелочных растворах проводится нейтрализация их остатков растворами соляной (HCl) и плавиковой (HF) кислоты и промывка в деионизованной воде. Но и после такой обработки поверхность все еще не является абсолютно чистой.

Преимуществом плазмохимического травления поверхности кремния над механической обработкой является то, что пластины можно утонять до 150 мкм без повреждения лицевой и обратной сторон. Удастся избежать разрушения пластин, появления трещин, а также напряжений на их поверхности. Продуктами взаимодействия кремния с фтором являются летучие вещества, которые легко испаряются с поверхности и откачиваются вакуумным насосом [4].

Цель данной работы — изучение влияния полярности и величины постоянного напряжения, приложенного между активным и заземленным электродами, на скорость травления кремния, а также влияние энергии частиц на формирование рельефа поверхности.

Конструкция плазмохимического реактора описана в [5, 6]. Используется ВЧ-разряд в скрепленном магнитном поле, что позволяет регулировать напряжение автосмещения и работать при энергиях ионов меньше 200 эВ [6]. Монокристаллические пластины кремния обрабатывались с использованием основного рабочего газа гексафторида серы (SF₆) с небольшой добавкой кислорода (O₂). Давление рабочих газов изменялось в диапазоне 0,04—0,10 Торр. Ток разряда регулировался от 4 до 8 А. Время травления менялось от 10 до 70 мин. Напряжение смещения регулировалось от –400 до +140 В.

Результаты исследований показали, что при повышении напряжения смещения между электродами выше -250 В происходит интенсивное распыление рабочего электрода и пересадение атомов металлов, не образующих летучих веществ с фтором. Это приводит к резкому снижению скорости травления монокремния. На спектрах излучения плазмы при этом появляются линии, принадлежащие возбужденным атомам материалов, из которых изготовлен рабочий электрод. На поверхности кремния, обработанного при этих условиях, с помощью рентгеновского анализа выявлены примеси этих же материалов, что свидетельствует о пересадении распыленных материалов на поверхность обрабатываемых образцов. Количество примесей увеличивается с увеличением отрицательного напряжения смещения. Обрабатывать кремний и другие материалы необходимо при напряжениях смещения меньших -250 В.



Поверхность монокремниевых пластин после плазмохимического травления при $U_{см} = -80$ В, $t = 50$ мин (а) и при $U_{см} = -60$ В, $t = 40$ мин (б)

Исследования показали существенную зависимость рельефа поверхности от напряжения смещения (энергии ионов) и времени травления. При высоком напряжении смещения наблюдается значительная шероховатость поверхности, которая уменьшается при снижении напряжения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Данилин Б. С., Киреев В. Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. – Москва Энергоатомиздат, 1987.
2. Гладковский В. В., Полозов Б. П., Федорович О. А. Вплив напруги зміщення на формування структури поверхні монокремнію при плазмохімічному травленні // XXII Щорічна наукова конференція ІЯД НАН України – Україна, м. Київ.– 2015.– С. 140–141.
3. Парфёнов О. Д. Технология микросхем. Москва: Высшая школа, 1986.
4. Федорович О. А., Кругленко М. П., Полозов Б. П. Формирование микро и наноструктур монокремния с помощью плазмохимического травления // ФММН'2008 – Україна, м. Харків.– 2008.– С. 30–33.
5. Костин Е. Г., Усталов В. В., Федорович О. А. Масс-спектрометрическое исследование химически активной плазмы в высокочастотных разрядах в управляемых магнитных полях // Збірник наукових праць ІЯД.– 2004.– № 2(13), С. 86–95.
6. Федорович О. А., Кругленко М. П., Полозов Б. П. Особенности плазмохимического травления торцов кремниевых пластин для фотоэлектрических преобразователей. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.– 2009.– № 6. С. 46–49.

V. V. Hladkovskiy, B. P. Polozov, O. A. Fedorovich

Influence of bias voltage on the etching rate of silicon and formation of surface relief.

The article presents the research results on bias voltage influence on the etching rate and the formation of the relief of silicon substrate during plasma-chemical etching. When the bias voltage is increased over 200 V, the etching rate reduces.

Keywords: *silicon, plasma chemical etching, bias voltage.*