

06;11
©1993

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ИОННО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ЛЕГИРОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

М.К.Бахадырханов, М.С.Миркамилова, В.А.Шустров

Определение профиля концентрации примеси, вводимой ионной бомбардировкой в полупроводник, необходимо для производственных задач микроэлектронной технологии; с другой стороны, оно важно для решения ряда научных задач. В настоящее время существуют методы, позволяющие получать сведения о распределении имплантированной примеси. Однако большинство из них либо дает информацию об активной ее части, либо громоздко и требует дорогостоящего оборудования. Авторы предлагаемого сообщения делают попытку предложить сравнительно простой экспериментальный метод определения профиля концентрации примеси.

В сообщениях [1,2] показано, что коэффициент γ кинетической ионно-электронной эмиссии можно представить в виде

$$\gamma = \alpha \cdot \omega(E) \cdot n \cdot l, \quad (1)$$

где $\omega(E)$ — вероятность того, что в результате столкновения иона, обладающего энергией E , с атомом мишени, будет возбужден электрон с энергией, достаточной для выхода в вакуум; α — коэффициент пропорциональности, учитывающей распределение возбужденных электронов по направлениям; l — длина свободного пробега возбужденного электрона; n — число столкновений иона с атомами мишени. Авторы сделали очевидное предположение, что n пропорционально концентрации атомов мишени, в том числе атомов, введенных в решетку при легировании. Опыты подтвердили это предположение. На рис. 1 показаны энергетические зависимости коэффициента γ для образцов кремния, диффузионно легированных фосфором. Следует подчеркнуть, что в соответствии с (1) разница величин γ связана с полной концентрацией примеси.

Полученные результаты позволили перейти к опытам по определению профиля концентрации имплантированной примеси. На рис. 2 показано поведение коэффициента γ при

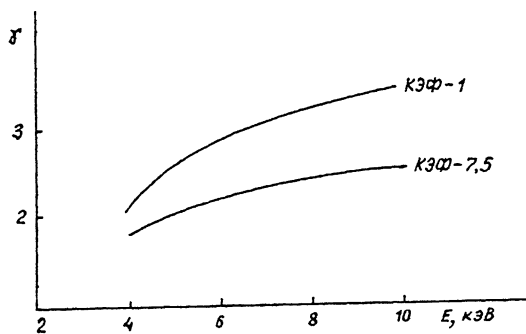


Рис. 1. Энергетические зависимости коэффициента, ионно-электронной эмиссии грани [111] кремния, диффузионно легированного фосфором, при бомбардировке ионами азота.

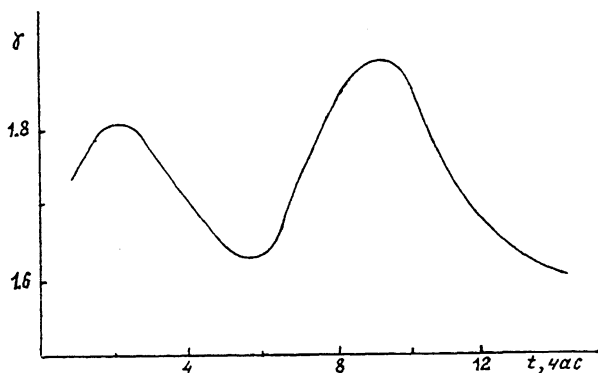


Рис. 2. График изменения коэффициента ионно-электронной эмиссии при непрерывной бомбардировке ионами азота с энергией 6 КэВ грани [111] кремния КДБ-10, имплантированного ионами Мо с дозой $5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$.

непрерывной бомбардировке образца ионами азота с энергией $E = 6 \text{ кэВ}$. Очевидно, временная зависимость эквивалентна послойному измерению γ , поскольку время бомбардировки непосредственно определяет толщину распыляемого приповерхностного слоя. В [3] было показано, что два максимума кривой $\gamma(t)$ соответствует линхардтовскому максимуму примеси и максимуму примеси каналировавшей.

Простота предлагаемого метода очевидна. Экспериментальная установка не содержит каких-либо сложных узлов (массепаратора, энергоанализатора и т.д.). Послойный анализ не требует отдельной операции травления по-

верхностного слоя. Метод позволяет проводить послойный анализ практически с любым шагом по глубине. Толщина слоя, дающего информацию, соответствует глубине выхода вторичных электронов (нескольких атомных слоев). Без какой-либо градуировки метод позволяет видеть распределение примеси между двумя максимумами, и следовательно, реальную ширину $p-n$ перехода; дает возможность судить о поведении примеси в процессе отжига радиационных дефектов и активационного отжига. Градуировка метода позволит контролировать дозу имплантации по величине γ , скорость распыления сложного объекта легирующим пучком и др.

Из сказанного выше представляется перспективной возможность использования вторичной ионно-электронной эмиссии, вызываемой самим легирующим пучком, в качестве сигнала обратной связи непосредственно в процессе имплантации. Особое значение такая обратная связь может иметь при безмасочном векторном создании микроэлектронных структур ионным пучком. Использование этого метода облегчается при больших дозах легирования, когда достигается равновесное значение концентрации введенной примеси. При этих условиях коэффициент γ перестанет изменяться.

Список литературы

- [1] Петров Н.Н. // ФТП. 1960. Т. 11. В. 6.
- [2] Петров Н.Н. // Науч.-техн. инф. бюлл. ЛПИ. 1960. В. 3.
- [3] Бахадырханов М.К., Миркамилова М.С., Шустров В.А. // УзФЖ. 1992. В. 2. С. 12-15.

Ташкентский
технический университет
им.А.Р.Беруни

Поступило в Редакцию
8 августа 1993 г.

