ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ЗАРЯДА В МДП СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ SI

Г.РАХИМОВА, Н.А.МИРЗААЛИМОВ, Ж.ЗИЁИДДИНОВ, И.Н.КАРИМОВ

Предложен метод определения величины заряда на границе раздела Si-SiO_2 и в слое SiO_2, а также концентрации легирующей примеси.

The authors of the article try to offer a new approach to definition of charge size on the border of section Si-SiO2 and in layer SiO2 as well as the process of concentration of an alloying impurity.

В процессе изготовления полупроводниковых приборов на основе структур металл-диэлектрик-полупроводник целесообразно контролировать ряд характеристических параметров, определяющих качество МДП структур, таких как величина встроенного заряда в электрике и плотность суммарного

заряда, локализованного на границе раздела полупроводник-диэлектрик, т.е. параметров, оказывающих доминирующее влияние на качество работы полупроводниковых приборов со структурой МДП.

Существующие методы исследования поверхностных зарядов структурах МДП /1,2,3/ не позволяют оперативно получать необходимую информацию. Для определения плотности поверхностного заряда по методу /1/ необходимо построение расчетной вольт-фарадной зависимости, методы /2,3/ требуют длительных измерений на различных частотах /3/ и при различных температурах /2/.

Рассмотрим структуру типа $Al - Si0_2 - n - Si$, не содержащую в запрещенной зоне кремния глубоколежащих примесных центров. Приложим к структуре напряжение смещения (V), соответствующее инверсии поверхностной проводимости. Полное падение напряжения на структуре, согласно /4/, имеет вид:

$$V = \frac{qNW\delta}{\varepsilon_1\varepsilon_0} + \frac{\delta Q}{\varepsilon_1\varepsilon_0} + \frac{qNW^2}{2\varepsilon\varepsilon_0} \quad (1)$$

где q – заряд электрона, N – концентрация легирующей примеси, δ - толщина диэлектрического слоя, W – толщина области объемного заряда в полупроводнике, $\varepsilon, \varepsilon_1$ - диэлектрическая проницаемость полупроводника и диэлектрика соответственно, Q – суммарный заряд, обусловленный встроенным зарядом в диэлектрике, ионизованным поверхностными состояниями и зарядом инверсионного слоя. В момент $t = 0$ увеличим напряжение смещения на структуре от V до V_1 $(|V_1| > |V|)$. Изменение падения напряжения $V_1 - V = \Delta V$ сразу после переключения $V \to V_1$ и начальное значение измеряемой емкости (C_H) МДП структуры в ходе увеличения инверсионного заряда связаны следующим выражением:

$$\Delta V = \frac{qN\varepsilon_0\varepsilon}{2}\left[C_H^{-2} - C_0^{-2}\right] + \frac{Q}{\varepsilon_0\varepsilon_1}\delta \quad (2)$$

При выводе выражения (2) использовались общепринятые приближения равномерного распределения легирующей примеси в полупроводнике, отсутствия подвижных зарядов в диэлектрике и разности работ выхода между полупроводником и диэлектриком равной нулю /3,5/.

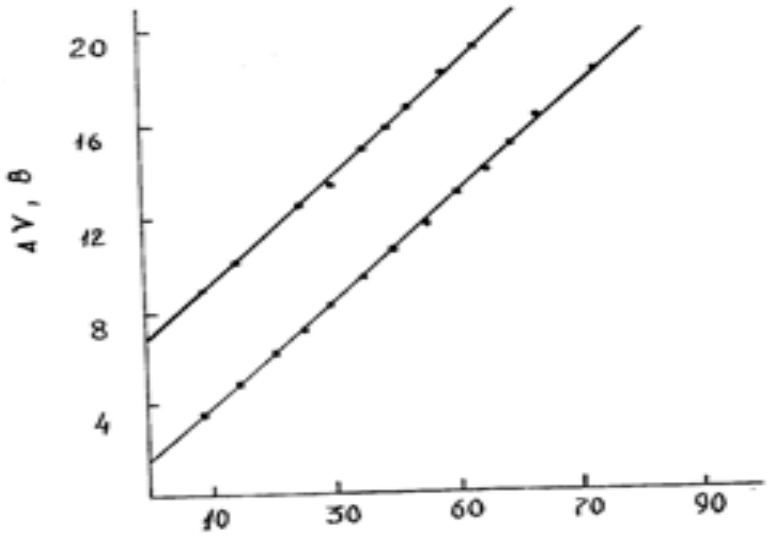

Рис. 1 Зависимость ΔV от $\left[C_H^{-2} - C_0^{-2}\right]$, рассчитанная при помощи выражения (2). а) – контрольные МДП структуры, в) – структуры после γ - облучения дозой 10^5 рад (*Si*).

Пренебрегая зависимостью заряда (Q) от напряжения смещения, что допустимо при достаточно больших V, выражение (2) можно рассматривать как уравнение прямой линии в координатах $\Delta V : \left[C_H^{-2} - C_0^{-2}\right]$.

Тангенс угла наклона этой прямой позволяет определить концентрацию легирующей примеси (N_M), а отрезок, отсекаемый на оси ординат при $\left[C_H^{-2} - C_0^{-2}\right] = 0$ пропорционален суммарному заряду локализованному как на границе раздела полупроводник-диэлектрик, так и в самом диэлектрике.

На рис. 1 приведены зависимости ΔV от $\left[C_H^{-2} - C_0^{-2}\right]$, рассчитанные при помощи выражения (2), из экспериментальных импульсных вольт-фарадных характеристик контрольной (а) и подвергнутой γ - облучению дозой 10^5 рад (*Si*) МДП структур. Обе зависимости являются прямыми линиями, что подтверждает справедливость вкражения (2). Прямая (а) отсекает на оси ΔV отрезок, равный 1,4 В, что соотвествует суммарной плотности поверхностного и встроенного зарядов $4{,}1 \cdot 10^{11} см^{-2}$. Прямая (б) отсекает отрезок 6,3 В, что соответствует плотности зарядов $1{,}8 \cdot 10^{12} см^{-2}$. Обе прямые параллельны друг другу, что говорит о постоянстве концентрации легирующей примеси а обоих исследуемых структурах.

Таким образом измеряя начальное значение емкости МДП структуры при изменении напряжения смещения $V \to V_1$, пользуясь соотношением (2), можно определить величину заряда на границе раздела $Si - SiO_2$ и в SiO_2, а также концентрацию легирующей примеси.

Литература:

1. Terman L.M. On investigation of surface states at a silicon/silicon oxide interface employing metal-oxide – silicon diodes. Sol.st. Electron., 1962, v.S., p. 285-299

2. Gray P.V., Brown D.M. Density of $SiO_2 - Si$ interface states. Appl. Phys.Left., 1996, v.8, №2, p.31-33

3. Сурис Р.А., Федоров В.Н. Определение параметров глубокого уровня в приповерхностной области полупроводника МДП структуры методом проводимости. ФТП, 1979, т.13, в.6, стр.1073-1082

4. Jerbst M. Relaxation seffente an Halbleiter- Isolator- Grenzflächen. Z.Ongew. Phys.,1966, v.22, p.30-33

5. Linder R. Semiconductor Surface Varactor. Bell System Tech. J., 1962, v.41, №3, p.803-831

Андижон давлат университети,
2011 йил 20 декабрда қабул қилинган