

М – фактор как критерий качества технологического процесса изготовления полупроводниковых структур

В.А. Пилипенко, В.А. Солодуха, А.Н. Петлицкий,

Н.С. Ковальчук, Т.В. Петлицкая, В.А. Филипеня

ОАО "ИНТЕГРАЛ"- управляющая компания холдинга "ИНТЕГРАЛ" Беларусь, Минск
office@bms.by

Достоверная и оперативная оценка качества изготовления элементной базы является основой для долговременной надежной работы интегральных микросхем и других изделий полупроводниковой техники.

Измерения вольтамперных характеристик (ВАХ) сформированных р–п переходов позволяют не просто констатировать зависимость тока от напряжения, но и определить наличие дефектов в кремнии, а также наличие примесей, неконтролируемо вводимых во время технологического процесса изготовления полупроводниковых изделий.

Прямая ветвь ВАХ диода при $V \gg kT$ представляется в виде [1]:

$$I = I_{нас} \exp\left(\frac{qV}{mkT}\right) \quad (1)$$

где m – фактор идеальности р–п перехода

В то же время прямая ветвь диода с учетом генерации - рекомбинации дается следующей формулой [1]:

$$J = J_{нас} \exp\left(\frac{qV}{kT}\right) + J_{G-R} \exp\left(\frac{qV}{2kT}\right) \quad (2)$$

В области напряжений на переходе 0,4–0,7 В (область идеальности или наиболее близкой к идеальности диода) второе слагаемое много меньше первого, поэтому после несложных преобразований, пренебрегая зависимостью J_{G-R} от напряжения на переходе, получаем выражение для m :

$$m = 1 + \frac{J_{G-R}}{J_{нас}} \exp\left(\frac{-qV}{2kT}\right) \quad (3)$$

Для несимметричного $n^+ - p$ перехода

$$m = 1 + \frac{WN_A}{2n_i \sqrt{D\tau}} \exp\left(\frac{-qV}{2kT}\right) \quad (4)$$

где τ - время жизни неосновных носителей заряда в области базы (слаболегированной области) диода, n_i – концентрация собственных носителей заряда, N_A – концентрация акцепторов в области базы, W – ширина области пространственного заряда в области базы

Таким образом m -фактор идеальности р–п перехода зависит от приложенного напряжения экспоненциально, от концентрации легирующей примеси в базе диодной структуры, времени жизни неосновных носителей заряда и от температуры.

Из зависимости m -фактора от напряжения возможно произвести оценку времени жизни неосновных носителей заряда на основании только измерений ВАХ диода.

Нами было проведено моделирование зависимости m -фактора для несимметричного p - n перехода от времени жизни для различных концентраций носителей заряда в слабо и сильно легированных областях (рис.1) и определены реальные зависимости m -фактора для рабочих структур разного уровня качества (рис.2.).

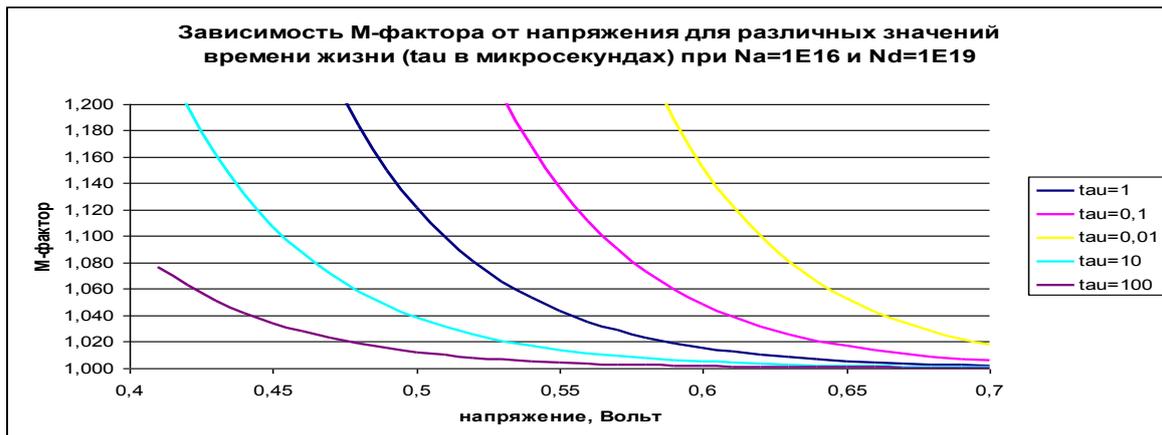


Рис.1. Рассчитанные зависимости m -фактора от напряжения на p - n переходе для различных значений времени жизни в мкс.

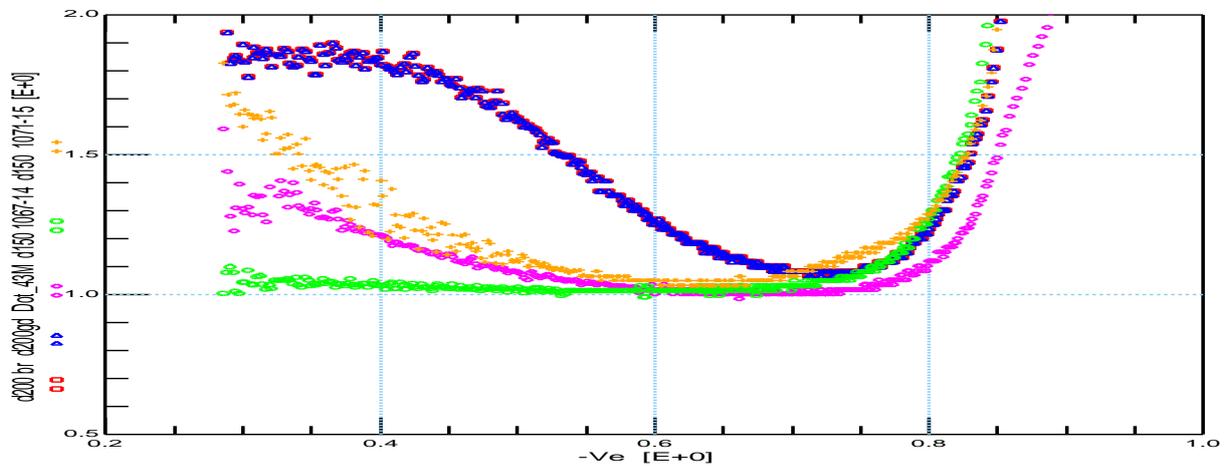


Рис.2. Измеренные зависимости m -фактора от напряжения на p - n переходе для реальных структур.

Список литературы

1. С.Зи. Физика полупроводниковых приборов. М.: Мир. 1984