

УДК 621.382

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.3-2/37>**Королевич Л.Н.**Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»**Борисов А.В.**Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПЛОСКИХ ЗОН ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ВОЛЬТ-ФАРАДНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ МДП-СТРУКТУР

*В статье рассматривается вопрос определения напряжения плоских зон МДП-структур по вольт-фарадным характеристикам (ВФХ). Проведено аналитическое рассмотрение влияния электрических зарядов в диэлектрике и на границе диэлектрик-полупроводник на ВФХ МДП-структуры. Предложен метод определения напряжения плоских зон по ВФХ МДП-структур, не требующий знания исходных параметров МДП-структуры и условий проведения эксперимента. Верность предложенного метода определения напряжения плоских зон МДП-структуры подтверждена экспериментально.*

**Ключевые слова:** МДП-структура, ВФХ, напряжение плоских зон, емкость плоских зон, эффективный заряд, поверхностный потенциал.

**Постановка проблемы.** Напряжение плоских зон является одним из основополагающих параметров структур метал-диэлектрик-полупроводник (МДП) [1, 2]. Оно является базисом для определения основных параметров МДП-структур, таких как пороговое напряжение МДП-транзистора, концентрация примеси в подложке, разность работ выхода между металлом и полупроводником и другое. Существующие методы определения напряжения плоских зон [3–5] основываются на анализе вольт-фарадных характеристик (ВФХ) МДП-структур. Эти методы требуют как знания физических параметров МДП-структуры (концентрация основных носителей заряда в подложке, работа выхода и другое), так и условий проведения эксперимента (температура, частота, освещенность и другое). Проблема заключается в том, что незнание хотя бы одного из параметров МДП-структуры и/или условий эксперимента при снятии ВФХ не позволяет определить напряжение плоских зон.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Недавние исследования [3–5] методов определения напряжения плоских зон подчеркивают актуальность поиска решения поставленной проблемы. Каждый из предложенных методов

является уникальным, но имеет собственные ограничения. Например, классический метод определения напряжения плоских зон заключается в сравнении экспериментальной высокочастотной ВФХ с соответствующей теоретической кривой [6]. Этот метод является зависимым от точности и/или достоверности исходных данных об МДП структуре и условия эксперимента. Аналогичная ситуация наблюдается и в ряде других методов [3].

**Постановка задания.** Задачей данной работы является разработка метода определения напряжения плоских зон МДП-структур на основе анализа экспериментальных ВФХ, который не зависит от знания физических параметров МДП-структур и условий эксперимента. Для решения поставленной задачи необходимо аналитически рассмотреть ВФХ реальной МДП-структуры, то есть с учетом наличия электрических зарядов, как на границе полупроводник-диэлектрик, так и в самом диэлектрике.

Эффективный заряд в диэлектрике. В общем случае эффективный заряд в диэлектрике может состоять из  $n$ -того числа зарядов различной природы, причем для наиболее изученной системы Si-SiO<sub>2</sub> [7–10] этот заряд включает четыре составляющих: заряд подвижных ионов

$Q_m$ , заряд, захвачений на ловушечных уровнях в диэлектрике  $Q_{dt}$ , заряд, захваченный на поверхности раздела полупроводник-диэлектрик (поверхностный захваченный заряд)  $Q_{it}$ , и фиксированный заряд в диэлектрике  $Q_f$  (рис. 1):

$$Q_{eff} = Q_m + Q_{dt} + Q_{it} + Q_f. \quad (1)$$

Как показано в [2], эта система зарядов применима для любой структуры диэлектрик-полупроводник.

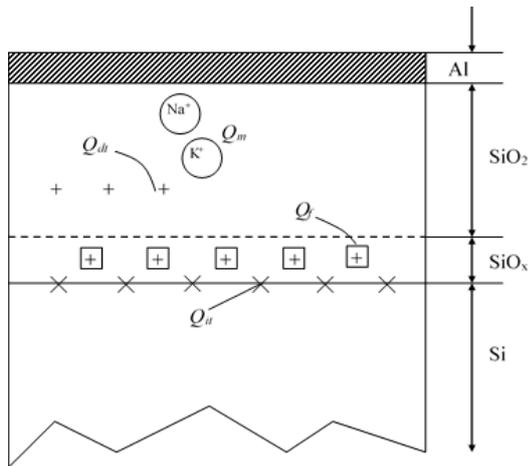


Рис. 1. Расположение зарядов в диэлектрике и на границе раздела полупроводник-диэлектрик [7]

Заряд подвижных ионов  $Q_m$ , как правило, обусловлен наличием в диэлектрике ионов щелочных металлов (Li, Na и т.д.). Заряд, захваченный на ловушечных уровнях в диэлектрике  $Q_{dt}$ , обусловлен заряженными ловушками (дефектами), расположенными в объеме диэлектрика. Заряд, захваченный на поверхности раздела полупроводник-диэлектрик  $Q_{it}$ , обусловлен заряженными ловушками (дефектами), на границе раздела полупроводник-диэлектрик. Фиксированный заряд в диэлектрике  $Q_f$  – это встроенный в диэлектрик положительный заряд, обусловленный структурными дефектами в слое диэлектрика толщиной менее 2 нм от границы полупроводник-диэлектрик.

Поскольку входящие в (1) величины зарядов могут численно изменяться в широких пределах и иметь противоположные знаки, то описать поведение эффективного (суммарного) заряда невозможно. И, следовательно, невозможно и определить сдвиг порогового напряжения  $\Delta V_T$ , обусловленный наличием эффективного заряда в диэлектрике:

$$\Delta V_T = \frac{Q_{eff}}{C_1} = \frac{Q_m + Q_{dt} + Q_{it} + Q_f}{C_1}. \quad (2)$$

Несмотря на разную физическую сущность зарядов  $Q_m$  и  $Q_{dt}$ , с точки зрения надежности,

они оба приводят к нестабильности характеристик МДП-приборов, обусловленной перераспределением и (или) изменением заряда в период эксплуатации. По этой причине влияние этих зарядов должно быть минимизировано. Следует заметить, что величины этих зарядов не зависят непосредственно от природы диэлектрика, а определяются качеством технологического процесса получения диэлектрических пленок на полупроводниковой подложке. В силу этого рассмотрением зарядов  $Q_m$  и  $Q_{dt}$  можно пренебречь.

**Полное напряжение на МДП-структуре.** ВФХ МДП-структуры в свою очередь являются зависимостью емкости от полного напряжения на структуре, которое является суммой напряжений на диэлектрике и на полупроводнике [1]:

$$V_G = V_I + \psi_s, \quad (3)$$

где  $\psi_s$  – потенциал на поверхности полупроводника по отношению к середине запрещенной зоны в объеме полупроводник (поверхностный заряд);  $V_I$  – потенциал на поверхности металла, который связан с емкостью диэлектрика  $C_1$  и зарядом на поверхности металла  $Q_m$  следующим соотношением:

$$C_1 = \frac{Q_m}{V_I}. \quad (4)$$

В свою очередь, заряд  $Q_m$ , согласно условию электронейтральности, равен суммарному заряду в полупроводнике и диэлектрике:

$$Q_m = Q_{sc} + Q_{it} + Q_f, \quad (5)$$

где  $Q_{sc}$  – заряд в области пространственного заряда (ОПЗ),  $Q_{it}$  – поверхностный захваченный заряд;  $Q_f$  – встроенный заряд в диэлектрике вблизи границы раздела.

Учитывая разность работ выхода между металлом и полупроводником  $\Delta\psi_{ms}$ , получаем:

$$V_G = \Delta\psi_{ms} + \psi_s - \frac{Q_{sc}}{C_1} - \frac{Q_{it}}{C_1} - \frac{Q_f}{C_1}. \quad (6)$$

Заряд  $Q_{it}$  в простейшем случае можно выразить через его энергетическую плотность  $D_{it} = [сМ^{-2}эВ^{-1}]$  следующим образом:

$$Q_{it} = -qD_{it}(\psi_s - \psi_0). \quad (7)$$

Изменение поверхностного заряда приводит к перераспределению носителей заряда в полупроводнике, таким образом обуславливая зависимость  $Q_{sc} = (\psi_s)$ . В отличие от заряда в ОПЗ, заряд  $Q_f$  является фиксированным и неподвижным, он не зависит от поверхностного потенциала и не вносит вклад в полную емкость МДП-структуры. Запишем полное напряжение на МДП-структуре с учетом сказанного:

$$V_G = \Delta\varphi_{ms} + \psi_s - \frac{Q_{sc}(\psi_s)}{C_I} + \frac{qD_{it}\psi_s}{C_I} - \frac{qD_{it}\varphi_0}{C_I} - \frac{Q_f}{C_I} \quad (8)$$

Напряжение, при котором поверхностный потенциал равен нулю, соответствует напряжению плоских зон:

$$V_{FB} = V_G|_{\psi_s=0} = \Delta\varphi_{ms} - \frac{qD_{it}\varphi_0}{C_I} - \frac{Q_f}{C_I} \quad (9)$$

С учетом (9) получим полное напряжение на МДП-структуре:

$$V_G = V_{FB} + \frac{qD_{it}}{C_I}\psi_s + \psi_s - \frac{Q_{sc}(\psi_s)}{C_I} \quad (10)$$

**Полная емкость МДП-структуры.** Согласно определению, полная емкость МДП-структуры равна:

$$C_{MIS} = \frac{\partial Q_M}{\partial V_G} = C_I \left( 1 - \frac{d\psi_s}{dV_G} \right) \quad (11)$$

Продифференцировав выражение для полного напряжения (10) по потенциалу  $\psi_s$  и поставив в (11), получим:

$$C_{MIS} = \left( \frac{1}{C_I} + \frac{1}{C_{sc} + C_{it}} \right) \quad (12)$$

где  $C_I$  – емкость диэлектрика;  $C_{sc}$  – емкость ОПЗ вблизи поверхности полупроводника;  $C_{it}$  – емкость, обусловленная наличием заряда  $Q_{it}$ .

**Составляющие полной емкости МДП-структуры.** Удельная емкость диэлектрической пленки аналогична удельной емкости плоского конденсатора:

$$C_I = \frac{\epsilon_I \epsilon_0}{d_I} \quad (13)$$

где  $\epsilon_I$  – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

Удельная емкость поверхностного захваченного заряда выражается через энергетическую плотность заряда  $D_{it}$  при его постоянном распределении по ширине запрещенной зоны полупроводника:

$$C_{it} = qD_{it} \quad (14)$$

Удельную емкость ОПЗ в полупроводнике можно определить из следующего соотношения:

$$C_{sc} = \frac{\partial Q_{sc}}{\partial \psi_s} = \epsilon_s \epsilon_0 \frac{\partial E_s}{\partial \psi_s} \quad (15)$$

где  $Q_{sc}$  – поверхностный заряд ОПЗ;  $\epsilon_s$  – относительная диэлектрическая проницаемость полупроводника;  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость вакуума;  $E_s$  – электрическое поле на поверхности полупроводника:

$$E_s = -\frac{\partial \psi_s}{\partial x} \quad (16)$$

где  $\psi_s$  – потенциал на границе раздела диэлектрик-полупроводник (поверхностный потенциал).

Для нахождения поверхностного потенциала воспользуемся уравнением Пуассона:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = -\frac{\rho(x)}{\epsilon_0 \epsilon_s} \quad (17)$$

где  $\epsilon_s$  – диэлектрическая проницаемость полупроводника;  $\rho(x)$  – плотность полного объемного заряда, которая для случая полупроводника  $p$ -типа равна:

$$\rho(x) = q(N_D - N_A + p_p(x) - n_p(x)) \quad (18)$$

где  $N_D$  и  $N_A$  – концентрация ионизированных доноров и акцепторов соответственно;  $p_p(x)$  и  $n_p(x)$  – распределение концентрации дырок и электронов в полупроводнике  $p$ -типа:

$$n_p(x) = n_{p0} \exp(\beta\psi) \quad (19)$$

$$p_p(x) = p_{p0} \exp(-\beta\psi) \quad (20)$$

где  $\beta = q/k_B T$  – обратный температурный потенциал;  $p_{p0}$  и  $n_{p0}$  – концентрация дырок и электронов в глубине полупроводника:

$$n_{p0} = n_i \exp(-\beta\varphi_0) \quad (21)$$

$$p_{p0} = n_i \exp(\beta\varphi_0) \quad (22)$$

где  $\varphi_0 = \beta^{-1} \ln(p_{p0}/n_i)$  – потенциал, соответствующий расстоянию от середины запрещенной зоны до уровня Ферми в подложке;  $n_i$  – концентрация собственных носителей заряда в полупроводнике.

Из условия электро-нейтральности ( $\rho(x)=0$ ), которое выполняется в глубине полупроводника, получим:

$$N_D - N_A = p_{p0} - n_{p0} \quad (23)$$

Запишем уравнение Пуассона с учетом (19–23):

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{qp_{p0} [e^{-2\beta\varphi_0} (e^{\beta\psi} - 1) - (e^{-\beta\psi} - 1)]}{\epsilon_0 \epsilon_s} \quad (24)$$

Из уравнения Пуассона и соотношений (15) можно получить зависимость емкости ОПЗ от поверхностного потенциала:

$$C_{sc}(\psi_s) = \frac{\epsilon_s \epsilon_0}{L_D \sqrt{2}} \cdot \frac{e^{-2\beta\varphi_0} (e^{\beta\psi_s} - 1) + (1 - e^{-\beta\psi_s})}{F(\psi_s)} \quad (25)$$

где  $L_D = \sqrt{\epsilon_s \epsilon_0 / (q\beta p_{p0})}$  – длина экранирования Дебая;  $F(\psi_s)$  – безразмерная функция Кингстона, равная [1, 11]:

$$F(\psi_s) = \sqrt{(1 - e^{-2\beta\varphi_0}) \psi_s \beta + (e^{\beta\psi_s} - 1) e^{-2\beta\varphi_0} + e^{-\beta\psi_s} - 1} \quad (26)$$

**Влияние заряда на ВФХ МДП-структур.** На основании соотношений для напряжения (10) и емкости (12) с учетом (13, 14, 25) построены теоретические ВФХ (рис. 2–4). Исходными были такие параметры МДП-структуры, как  $N_A = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ,  $\epsilon_I = 8$ ,  $T = 290 \text{ K}$ ,  $\Delta\varphi_{ms} = 0,5 \text{ В}$ ,  $d_I = 4 \cdot 10^{-7} \text{ см}$ .

Из рис. 2 следует, что в области обогащения (напряжение менее 0,4 В) емкость ОПЗ полупроводника значительно превышает емкость

диэлектрика, что приводит к тому, что емкость МДП-структуры стремится стать равной емкости диэлектрика (насыщается). В области обеднения и слабой инверсии (напряжения 0,5 – 1,2 В) емкость ОПЗ становится намного меньше емкости диэлектрика и емкость МДП-структуры определяется емкостью ОПЗ полупроводника.

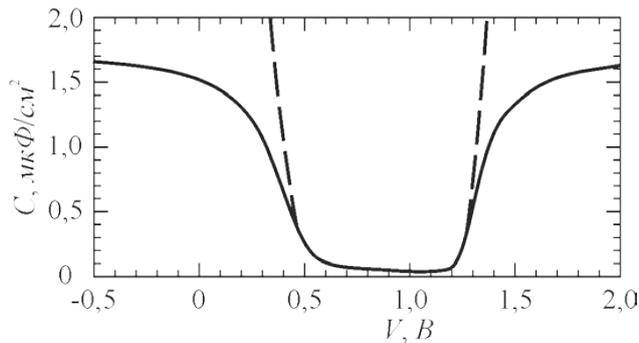


Рис. 2. ВФХ идеализированной ( $D_{it} = 0, Q_f = 0$ ) МДП-структуры – сплошная линия и зависимость емкости ОПЗ от полного напряжения на структуре – пунктирная линия

Анализируя влияние заряда  $Q_f$  на ВФХ МДП-структуры (рис. 3), следует подчеркнуть, что этот заряд приводит лишь к смещению характеристики вдоль оси напряжения и не искажает формы ВФХ.

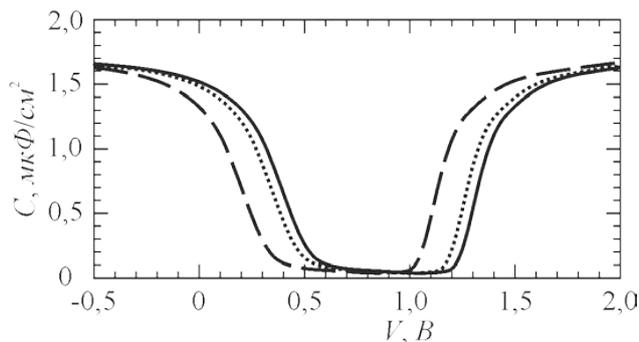


Рис. 3. ВФХ МДП-структуры при  $Q_{it} = 0$ , в отсутствии фиксированного заряда – сплошная линия и при наличии фиксированного заряда  $Q_f = 8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл} \cdot \text{см}^{-2}$  – точечная линия,  $Q_f = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл} \cdot \text{см}^{-2}$  – пунктирная линия

В отличие от заряда  $Q_f$ , изменение заряда  $Q_{it}$  (рис. 4) приводит к изменению формы ВФХ, а именно – к расширению области обеднения и слабой инверсии (напряжения 0,5 – 1,2 В) и к увеличению емкости в этой области.

Для учета влияния заряда  $Q_{it}$  на форму ВФХ МДП-структуры необходимо проанализировать зависимость полной емкости МДП-структуры от напряжения на затворе. Для этого необходимо в (12) подставить выражения (13, 14, 25) с учетом того, что полное напряжение на МДП-структуре определяется выражением (10). В общем случае это выражение является сложным, громоздким и требует упрощения.

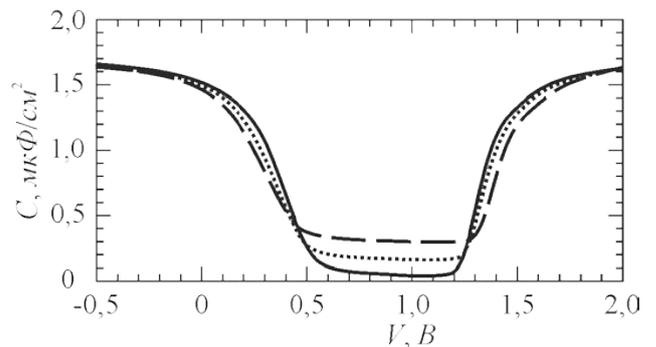


Рис. 4. ВФХ МДП-структуры при  $Q_f = 0$ , в отсутствии заряда  $Q_{it}$  – сплошная линия и при наличии заряда  $Q_{it}$ :  $D_{it} = 9 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-2} \text{ эВ}^{-1}$  – точечная линия,  $D_{it} = 2 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \text{ эВ}^{-1}$  – пунктирная линия

Как известно, емкость диэлектрика  $C_{ox}$  не зависит от напряжения на затворе и может быть легко определена из экспериментальных ВФХ (емкость в области обогащения). Поэтому следует производить анализ не ВФХ МДП-структуры  $C_{MIS}(V_G)$ , а ВФХ только лишь параллельно соединённых емкости ОПЗ полупроводника  $C_{sc}$  и емкости, обусловленной зарядом на границе полупроводник-диэлектрик  $C_{it}$ :

$$C_s = \left( \frac{1}{C_{MIS}} - \frac{1}{C_{ox}} \right)^{-1} = C_{sc} + C_{it}. \quad (27)$$

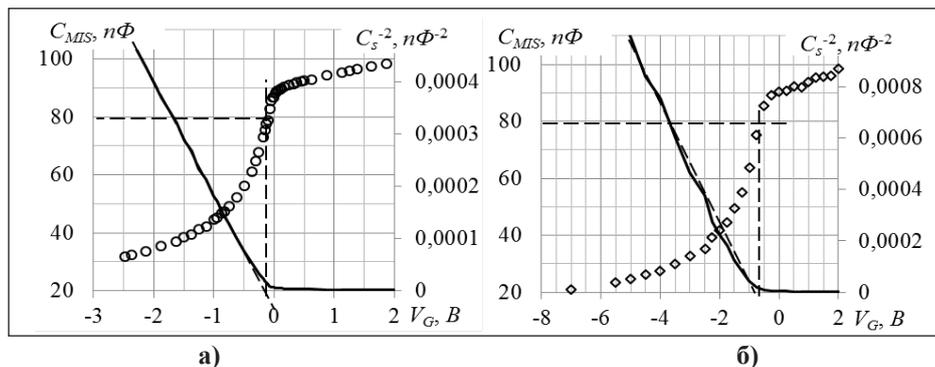


Рис. 5. Экспериментальные ВФХ  $C_{MIS}(V_G)$  (маркеры) и зависимость  $C_s^{-2}(V_G)$  (сплошная линия) от напряжения на МДП-структуре  $V_G$

Поскольку заряд имеет наибольшее влияние в области обеднения и слабой инверсии (см. рис. 4), то можно ограничиться рассмотрением лишь этой области. При этих условиях емкость ОПЗ имеет следующую зависимость от поверхностного потенциала:

$$C_{sc}^{FB+} = \sqrt{\frac{\epsilon_s \epsilon_0 q N_A}{2(\psi_s - k_B T/q)}}, \quad (28)$$

а напряжение на МДП-структуре линейно зависит от поверхностного потенциала:

$$V_G - V_{FB} = n\psi_s, \quad (29)$$

где  $n = (C_{ox} + C_{it} + C_B^*) / C_{ox}$  – константа, в которой  $C_B^*$  – емкость ОПЗ при условии, что  $\psi_s = \phi_0$ .

Подставив (29) в (28), получим зависимость емкости ОПЗ от напряжения на МДП-структуре:

$$C_{sc}^{FB+} = \sqrt{\frac{\epsilon_s \epsilon_0 q N_A}{2((V_G - V_{FB})n^{-1} - k_B T/q)}}. \quad (30)$$

Очевидно, что в координатах  $C_{sc}^{FB+}$  эта зависимость должна иметь линейный характер. Более того, экстраполяция этой прямой на ось напряжений дает возможность определить напряжение плоских зон МДП-структуры:

$$V_{FB} = V_G - \frac{kT}{q} n. \quad (31)$$

Очевидно, что напряжение плоских зон определяется с точностью до  $nk_B T/q$ , причем  $n > 1$ . В практических важных случаях  $n = 1 + (C_B^* + C_{it}) / C_{ox} \leq 3$ , поэтому погрешность определения напряжения плоских зон не превышает  $-3k_B T/q$ . Более того, если известны материальные параметры структуры или условия проведения эксперимента, параметр  $n$  может быть рассчитан более точно.

Для подтверждения приведенного метода определения напряжения плоских зон измерены ВФХ МДП структуры Al–CeO<sub>2</sub>–Si (маркеры на рис. 5) при различных уровнях освещенности (рис. 5 а – 30 Лк, рис. 5 б – 5800 Лк), для которых построена зависимость  $C_s^{-2}$  от напряжения (сплошная линия). Напряжения и емкости плоских зон на рис. 5 обозначены, соответственно, вертикальными и горизонтальными пунктирными линиями. Поскольку емкости плоских зон для обеих ВФХ оказались равными, то это свидетельствует о верности определения напряжения плоских зон по данному методу.

**Основные результаты и выводы.** В работе предложен метод определения напряжения плоских зон по экспериментальным ВФХ МДП структуры, который не зависит от знания тех или иных параметров МДП-структуры и условий проведения эксперимента.

Проведено аналитическое рассмотрение влияния фиксированного заряда в диэлектрике и заряда, захваченного на поверхности полупроводник-диэлектрик на ВФХ МДП-структуры.

Экспериментально подтверждена верность предложенного метода определения напряжения плоских зон. Дополнительно следует отметить, что увеличение емкости  $C_{it}$  приводит к увеличению нелинейности характеристики  $C_s^{-2}(V_G)$  в области инверсии ( $|V_G| > |V_{FB}|$ ). Поэтому линейная зависимость в области инверсии на характеристике  $C_s^{-2}(V_G)$  говорит о том, что заряд  $Q_{it}$  отсутствует или ничтожно мал.

#### Список литературы:

1. Sze S.M., Ng K.K. Physics of Semiconductor Devices. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. 832 p. DOI: 10.1002/0470068329
2. Schroder D.K. Semiconductor Material and Device Characterization. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006. 799 p.
3. Piskorski K., Przewlocki H. The methods to determine flat-band voltage VFB in semiconductor of a MOS structure. *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics: proceedings of 33rd International Convention MIPRO 2010* (Opatija, May 24-28 2010). Opatija, 2010. P. 37–42.
4. Migliorato P., Seok M. J., Jang J. Determination of flat band voltage in thin film transistors: the case of amorphous-indium gallium zinc oxide. *Applied Physics Letters*. 2012. Vol. 100. P. 0735061–0735064. DOI: 10.1063/1.3685705
5. Winter R., Eizenberg M., Anh J., McIntyre P. C. New method for determining flat-band voltage in high mobility semiconductors. *Journal of Vacuum Science Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures*. 2013. Vol. 31. P. 0306041–0306043. DOI: 10.1116/1.4802478
6. Terman L.M. An Investigation of Surface States at a Silicon / Silicon Oxide Interface Employing Metal-Oxide-Silicon Diodes. *Solid-State Electronics*. 1962. Vol. 5, №. 5. P. 285–299. DOI: 10.1016/0038-1101(62)90111-9
7. Красников Г.Я., Зайцев Н.А. Система кремний-диоксид кремния субмикронных СБИС. Москва : Техносфера. 2003. 384 с.
8. Зайцев Н.А., Красников Г.Я., Огурцов О. Зарядовые состояния МОП-структур: стандартизированная терминология. *Электроника : Наука, Технология, Бизнес*. 2002. №. 1. С. 64–65.
9. Deal B.E. Standardized Terminology for Oxide Charges Associated with Thermally Oxidized Silicon. *IEEE Transactions on Electron Devices*. 1980. Vol. 27. №. 3. P. 606–608. DOI: 10.1109/T-ED.1980.19908

10. Deal B.E. Standardized Terminology for Oxide Charges Associated with Thermally Oxidized Silicon. *Journal of The Electrochemical Society*. 1980. Vol. 127. №. 4. P. 979–981.

11. Przewlocki H., Gutt T., Piskorski K. The inflection point of the capacitance-voltage,  $C(VG)$ , characteristic and the flat-band voltage of metal-oxide-semiconductor structures. *Journal of Applied Physics*. 2014. Vol. 115. P. 2045101–20451018. DOI: 10.1063/1.4880399

#### **ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ ПЛОСКИХ ЗОН ЗА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ ВОЛЬТ-ФАРАДНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МДН-СТРУКТУР**

*У статті розглядається питання визначення напруги плоских зон МДН-структур за вольт-фарадними характеристиками (ВФХ). Проведено аналітичний розгляд впливу електричних зарядів в діелектрику і на межі розділу діелектрик-напівпровідник на ВФХ МДН-структури. Запропоновано метод визначення напруги плоских зон по ВФХ МДН-структур, що не вимагає знання вихідних параметрів МДН-структури та умов проведення експерименту. Вірність запропонованого методу визначення напруги плоских зон МДН-структури підтверджена експериментально.*

**Ключові слова:** МДН-структура, ВФХ, напруга плоских зон, ємність плоских зон, ефективний заряд, поверхневий потенціал.

#### **DETERMINATION OF FLAT BAND VOLTAGE BY EXPERIMENTAL CAPACITANCE-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF METAL-INSULATOR-SEMICONDUCTOR STRUCTURES**

*The article deals with the problem of determining the flat band voltage of MIS-structures in terms of the capacitance-voltage (CV) characteristics. The analytical consideration of the influence of electric charges inside the dielectric and on the insulator-semiconductor interface on the CV-characteristic of the MIS-structure is accomplished. There is proposed the method of determining the flat band voltage on CV-characteristics of MIS-structures, which does not require knowledge of the MIS-structure parameters and the experiment conditions. The validation of the proposed method for determining the flat band voltage of the MIS-structure is proved experimentally.*

**Key words:** MIS structure, MOS structure, CV-characteristic, capacitance-voltage characteristic, flat band voltage, flat band capacitance, effective charge, surface potential.