

4-26-2020

FEATURES OF KEY PARAMETERS OF FIELD TRANSISTORS

Davron Rakhmanovich Dzhuraev
professor of the department of physics, BSU

Akmal Atayevich Turaev
senior lecturer of the department of labor education, doctor of philosophy (PhD), BSU

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/buxdu>



Part of the [Life Sciences Commons](#)

Recommended Citation

Dzhuraev, Davron Rakhmanovich and Turaev, Akmal Atayevich (2020) "FEATURES OF KEY PARAMETERS OF FIELD TRANSISTORS," *Scientific reports of Bukhara State University*. Vol. 3 : Iss. 2 , Article 1.

DOI: 10.52297/2181-1466/2019/3/2/1

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/buxdu/vol3/iss2/1>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific reports of Bukhara State University by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

УДК: 621.383.52:535.243

**МАЙДОН ТРАНЗИСТОРЛАРИ АСОСИЙ ПАРАМЕТРЛАРИНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ
ОСОБЕННОСТИ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ
FEATURES OF KEY PARAMETERS OF FIELD TRANSISTORS**

Джураев Даврон Рахманович*профессор кафедры физики БухГУ***Тураев Акмал Атаевич***старший преподаватель кафедры трудового обучения, доктор философии (PhD) БухГУ***Dzhuraev Davron Rakhmanovich***professor of the department of physics, BSU***Turaev Akmal Atayevich***senior lecturer of the department of labor education, doctor of philosophy (PhD), BSU*

Таянч сўзлар: динамик қаршилик, паст ёруғликдаги затвор токи, канал ёпилиш кучланиши, майдон транзистори, канал ёпилиш режими.

Ключевые слова: динамическое сопротивление, темновой ток затвора, напряжение отсечки, полевой транзистор, режим запираения канала.

Key words: dynamic resistance, dark gate current, cut-off voltage, field-effect transistor, channel locking mode.

Ушбу мақолада майдон транзисторининг асосий параметрлари бўлган (стокнинг) динамик қаршилиги ва канал ёпилиш режимида сток токининг канал ёпилиш кучланишига боғлиқлиги тадқиқ этилган. Канал қалинлигининг оптимал қийматлари дарвозанинг р+-п-кавш қайтарувчи ҳажмий заряд минтақасининг қалинлигига ва юқори сезгирликни таъминловчи ташувчилар концентрациясига қараб аниқланган.

В данной работе исследована зависимость тока источника от напряжения закрытия канала в основных параметрах полевого транзистора (сток), динамического сопротивления и режима закрытия канала. Определены оптимальные значения толщины канала в зависимости от толщины области объемного заряда р+-п-перехода затвора и концентрации носителей, обеспечивающих высокую чувствительность.

In this paper, the dependence of stock current on the channel closing voltage in the main parameters of the field transistor (stock), dynamic resistance and channel closing mode has been investigated. The optimal values of the channel thickness are determined depending on the thickness of the р+-п junction volume charge region of the gate and the concentration of carriers that provide high sensitivity.

Введение. Исследования статических характеристик полевого транзистора осуществляются в схеме с общим истоком. Рабочее напряжение прикладывается между стоком и истоком, а запирающее - к переходу исток-затвор. Путем увеличения запирающего напряжения до отсечки создается семейство выходных стоковых характеристик.

Ключевыми параметрами полевого транзистора являются динамическое сопротивление канала (стока), ток стока в режиме запираения, напряжение запираения (отсечки), напряжение пробоя.

Основная часть. Передаточная и стоковая вольт-амперные характеристики полевого транзистора приведены на рис.1. Из рис.1 видно, что от приложенного напряжения между стоком и истоком ток стока увеличивается, приобретая насыщающийся характер. При нулевом смещении на затворе ток стока имеет максимальное значение и по мере увеличения запирающего напряжения затвора канал охватывается областью объемного заряда, уменьшая толщину непокрытой части канала. При достижении напряжения отсечки ток стока становится минимальным.

Зависимости тока стока от запирающего напряжения формируют передаточную характеристику (рис.1, левый квадрант), где его наклон отражает крутизну, которую можно описать следующей формулой (1):

ANIQ VA TABIIY FANLAR

$$S = \frac{I_{2cu} - I_{1cu}}{U_{2zu} - U_{1zu}} = \frac{\Delta I_{cu}}{\Delta U_{zu}} . \quad (1)$$

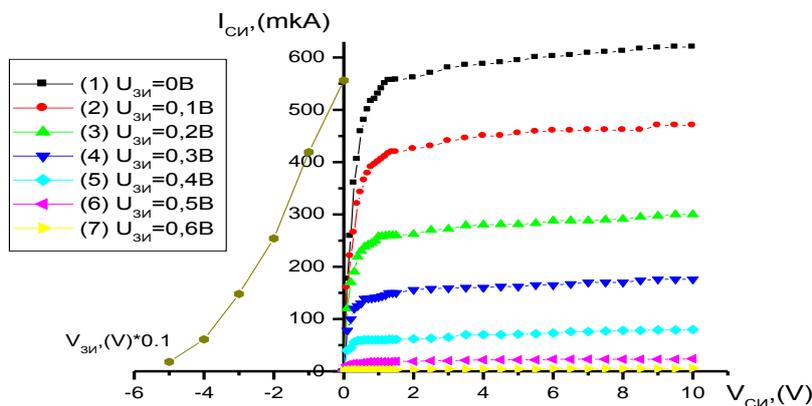


Рис. 1. Передаточная и стоковая вольт-амперные характеристики полевого транзистора

Выходное динамическое сопротивление определяется из наклона стоковой характеристики, которая выражается формулой (2):

$$R_{дин}^{cu} = \frac{U_{2cu} - U_{1cu}}{I_{2cu} - I_{1cu}} = \frac{\Delta U_{cu}}{\Delta I_{cu}} . \quad (2)$$

Прямая ветвь вольт-амперной характеристики перехода затвора полевого транзистора приведена на рис.2. Характеристика перехода затвор – исток, то есть p-n-перехода, подобна характеристикам полупроводникового диода. Из рис. 2 видно, что зависимость прямого тока от напряжения затвора носит экспоненциальный характер. В области напряжений до 0.5В ток минимален, и далее при напряжениях свыше 0.65В ток линейно возрастает.

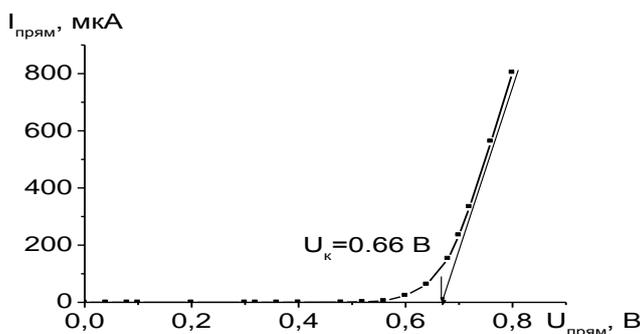


Рис. 2. Прямая ветвь вольт-амперной характеристики перехода затвора полевого транзистора

Динамическое сопротивление канала определяет усилительные свойства полевого транзистора и степень стабилизации тока в режиме ограничителя, который представляет собой отношение приращения напряжения стока к приращению тока стока:

$$r_{дин} = \frac{\Delta U_{cu}}{\Delta I_{cu}} \Big|_{U_{zu} = const} . \quad (3)$$

Для полевого транзистора с напряжением отсечки 0.6В и током стока 580 мкА (рис. 2) динамическое сопротивление при нулевом смещении составляет 164 кОм, по мере увеличения запирающего напряжения до 0.4В его величина увеличивается до 625 кОм.

ANIQ VA TABIIY FANLAR

Как будет показано ниже его коэффициент усиления будет улучшаться с увеличением запирающего напряжения за счет увеличения выходного сопротивления.

Соответственно, чем выше будет динамическое сопротивление, тем выше будет уровень сигнала, поскольку выходное сопротивление усилительной схемы определяется сопротивлением нагрузки R_H и динамическим сопротивлением стока R_D , как параллельно включенным:

$$K_H = \frac{R_D R_H}{R_D + R_H} \cdot \mu \quad (4)$$

$$\text{Коэффициент усиления по напряжению равен } K_H = \frac{S_{\text{макс}} R_D R_H}{R_D + R_H} = \frac{\mu R_H}{R_D + R_H} \quad (5), \text{ где } \mu$$

- собственный коэффициент усиления транзистора по напряжению:

$$\mu = S_{\text{макс}} \cdot R_D \quad (6)$$

Обычно собственный коэффициент усиления полевого транзистора рассчитывается из статических стоковых вольт-амперных характеристик как произведение статической крутизны на сопротивление нагрузки или выходное сопротивление.

Темновой ток затвора должен быть как можно малым в пределах пико – наноампер, тогда регистрируемый полезный сигнал будет на уровне десятков наноампер.

Напряжение отсечки должно быть порядка контактной разности потенциалов выпрямляющего p-n-перехода, то есть в пределах 0.5-1.0 В.

Если напряжение отсечки принимаем на уровне 1.0 В, тогда по расчетным данным [1] его приращение от внешнего воздействия будет определяться с учетом контактной разности потенциалов:

$$U_{\text{отс}} = \frac{N_{\text{кан}} q a^2}{2 \epsilon \epsilon_0} \left(1 + \frac{N_{\text{кан}}}{N_{\text{зам}}} \right) - U_{\text{к}}, \quad (7)$$

где $q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл - заряд электрона; a - толщина канала; $\epsilon_0 = 8.84 \cdot 10^{-14}$ Ф/см - диэлектрическая проницаемость вакуума; $\epsilon = 11$ – диэлектрическая проницаемость полупроводника – базы, n_i - собственная концентрация носителей материала базы.

Для одного из полевых транзисторов с напряжением отсечки 0.6 В и током стока 580 мкА (рис. 2.) со значением напряжения отсечки $U_{\text{отс}} = 2U_D$ по экспериментально расчетным данным, определяемым выражением формулы (4), при нулевом смещении имеем толщину объемного заряда равную 0,65 мкм с контактной разностью потенциалов 0.61 В. Тогда для напряжения отсечки 0.61 В $\times 2 = 1.22$ В или для запирающего канал обратного напряжения $U_{\text{обр}} = 0.6$ В имеем толщину $W_{\text{оз}} = 0.90$ мкм. То есть при увеличении напряжения в два раза область объемного заряда увеличивается в $\sqrt{2}$ раза, что соответствует оптимальной толщине канала.

Для данного полевого транзистора напряжение отсечки (0.6В) канала практически совпадает с контактной разностью потенциалов, что обеспечивает однозначное изменение толщины канала от внешнего воздействия.

Таблица 1

Данные толщины слоя объемного заряда от обратного напряжения

| $U_{\text{обр}}, \text{ В}$ | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,3 | 1,6 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $W_{\text{оз}}, \text{ мкм}$ | 0,65 | 0,70 | 0,74 | 0,83 | 0,90 | 0,97 | 1,04 | 1,13 | 1,22 |

Именно полевой транзистор с низким напряжением отсечки представляет интерес также для использования в качестве датчика температуры в режиме ограничения прямого тока [2-6], в котором пропусканием фиксированного прямого тока через p-n-переход регистрируют падающее напряжение, линейно меняющееся с изменением температуры.

Однако, еще больший практический интерес представляет возможность использования температурной зависимости обратного тока запираемого перехода для измерения температуры.

Заключение. Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено

ANIQ VA TABIIY FANLAR

отличие р-n-перехода затвора от классического диодного перехода, то есть они имеют меньшее дифференциальное сопротивление и влияние сопротивления базы на падение напряжения исключается. Именно исходя из этих позиций, в качестве датчиков выбраны не диффузионные, а эпитаксиальные структуры.

Определены оптимальные значения толщины канала в зависимости от толщины области объемного заряда р⁺-n-перехода затвора и концентрации носителей, обеспечивающих высокую чувствительность.

Выявлено, что в зависимости от режимов включения полевого транзистора его фотоэлектрические и температурные характеристики меняются существенным образом. Они преимущественно используются для измерения температуры, однако практически остается неизученной возможность использования температурной зависимости обратного тока запираемого перехода для измерения температуры или светового излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Turaev A.A., Saidov K.S. Dinamik yuklamali sxemada maydoniy tranzistorning kuchaytirish xossalari //Buxoro davlat universiteti ilmiy axboroti. 2016/4(64). - B. 31-35.
2. Karimov A.V. Mnogofunksionalnie arsenidgallievie tonkoperehodnie strukturi. - Tashkent: FAN, 1992. - S.94-99.
3. Huque M.A., Tolbert L.M., Blalock B.J., Islam S.K. A high temperature, high-voltage SOI gate driver IC with high output current and on-chip low-power temperature sensor, IMAPS International Symposium on Microelectronics.2009.– P. 220-7.
4. Stepanenko I.P. Osnovi teorii tranzistorov i tranzistornix sxem. -Moskva: Energiya, 1977. -S. 142-143.
5. Karimov A.V., Yodgorova D.M., Kamanova G.O. Photovoltaik silicon structures with two Schottky barriers. Appliedsolarenergy. –2013. -V.49. -№2. –P.67-89.
6. Karimov A.V., Dzhuraev D.R., Kuliev Sh.M., Turaev A.A. Distinctive features of the temperature sensitivity of a transistor structure in a bipolar mode of measurement //Journal of Engineering Physics and Thermophysics.Vol. 89.No. 2.March. 2016. – P.514-517.

УДК: 621.315.592

AMORF KREMNIY ASOSLI QUYOSH ELEMENTLARINING QISQA TUTASHUV TOKI ZICHLIGIGA NOIDEALLIK KOEFFITSIENTINING TA'SIRI

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ЗАМЫКАНИЯ ТОКА НА КОЭФФИЦИЕНТ НЕИДЕАЛЬНОСТИ В СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ НА АМОРФНОКРЕМНИЕВОЙ ОСНОВЕ

THE EFFECT OF CURRENT DENSITY DENSITY ON THE NON-IDEAL COEFFICIENT IN SOLAR ELEMENTS ON AMORPHO SILICON BASIS

Aliyev Raimjon

AnDU fizika kafedراسi professori

Alinazarova Mahfuza Alisherovna

NamDU huzuridagi xalqta`limi xodimlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish markazi fizika fani o`qituvchisi

Aliyev Raimjon

physics department professors, AnSU

Alinazarova Mahfuza Alisherovna

physics teacher of the center for retraining and advanced training of public educators, NamSU

Tayanch so`zlar: amorf kremniy, quyosh elementi, qisqa tutashuv toki zichligi, fotoVAX ning noideallik koefitsienti, temperatura, yarimempirik usul, salt ishlash kuchlanishi, potensial to'siqning balandligi, to'yinish toki, fotogalvanik xarakteristikalar.

Ключевые слова: аморфный кремний, солнечный элемент, плотность тока короткого замыкания, коэффициент неидеальности фотоВАХ, температура, полупырический метод, напряжение холостого хода, высота потенциального барьера, ток насыщения, фотогальванические характеристики.