

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА ОТ ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЯЮЩЕГО ПЕРЕХОДА

Д.М. Ёдгорова

Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз, Ташкент
Узбекистан

Поступила в редакцию 10.11.2005

В работе приведены результаты исследования процессов расширения слоя объемного заряда p - n -перехода затвора полевого транзистора. Прямыми исследованиями закономерности изменения емкости p - n -перехода от напряжения и характеристического параметра установлено, что чем резче и тоньше p - n -переход, тем выше крутизна передаточной характеристики изготовленного на его основе полевого транзистора.

ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие полупроводниковой электроники, вычислительной техники и информационных технологий оказало громадное влияние на все без исключения области человеческой деятельности. В последние годы мы стали свидетелями взрывного развития компьютерной технологии, оптоэлектроники. В них немаловажную роль играют структуры типа полевого транзистора. Имея высокие входные сопротивления, широко используются при создании высокоскоростных и быстродействующих интегральных схем, устройств обработки слабых сигналов [1]. Кроме того, представляют интерес модельные схемы для исследования полевых эффектов, фотоэлектрических явлений, для изучения параметров эпитаксиальных слоев и объемных полупроводниковых материалов. Так ход расширения слоев объемного заряда управляющего p - n -перехода от запирающего напряжения определяет усилительные свойства полевого транзистора [2].

В настоящей работе приведены результаты исследования влияния закономерности расширения слоя объемного заряда p - n -перехода на крутизну выходной характеристики полевого транзистора, канал которого легирован Те и одновременно Те + Si.

Выбор данных примесей обусловлен тем, что для обеспечения полного перекрытия (отсечки) канала объемным зарядом при запирающей концентрации носителей заряда по ее толщине должна быть равномерной. Так как при положительных градиентах концентрации носителей до получения режима отсечки ток стока может выйти на пробойный

участок. В эпитаксиальных слоях легированных теллуром концентрация носителей имеет возрастающий характер по толщине, что связано с коэффициентами их распределения [3]. Добавка кремния к теллуру способствует получению равномерного распределения носителей по толщине слоев.

На рис. 1 приведены вольтамперные характеристики p - n -перехода затвора при прямых смещениях, кривая 1 для образца, канал которого легирован одновременно кремнием и теллуrom, а кривая 2 с каналом легированным теллуrom.

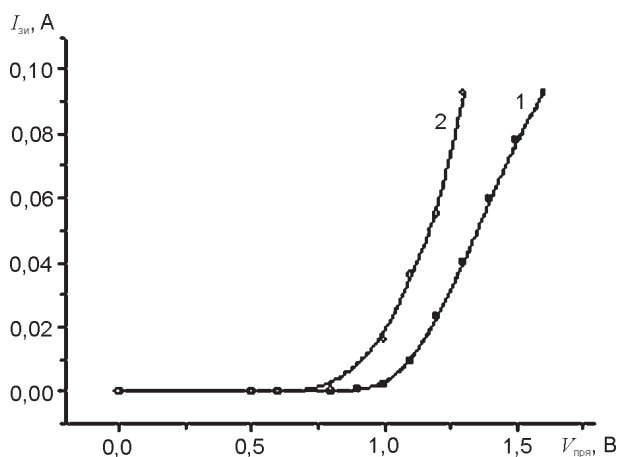


Рис. 1. Вольтамперные характеристики p - n -перехода затвора, канал которых легирован 1 – Те + Si и 2 – Те.

Как видно из рис. 1 подъем тока в случае легирования Те начинается при меньших напряжениях 0,8 вольт, против 1 вольта для канала легированного одновременно Те + Si.

Зависимости емкости p - n -перехода затвора от напряжения показывают, что с увеличением запирающего напряжения величины емкостей уменьшаются, то есть толщина необедненной части p - n -перехода (канала)

уменьшается в соответствии с законом изменения емкости от напряжения, рис. 2.

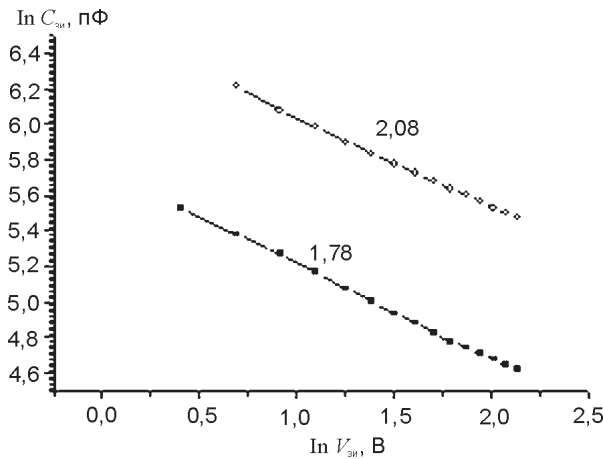


Рис. 2. Зависимости емкости *p-n*-перехода затвора от напряжения в логарифмическом масштабе для 1 – Te + Si и 2 – Te $\cdot 10^{16}$ см⁻³.

При этом крутизна передаточной характеристики (отношение изменения тока стока к приложенному к затвору напряжению – S_{c-3} мА/В) больше в образце, канал которого легирован одновременно Te + Si, рис. 3, кривая 1, при этом на выходных характеристиках имеем ярко выраженное насыщение тока стока от рабочего напряжения, рис. 4.

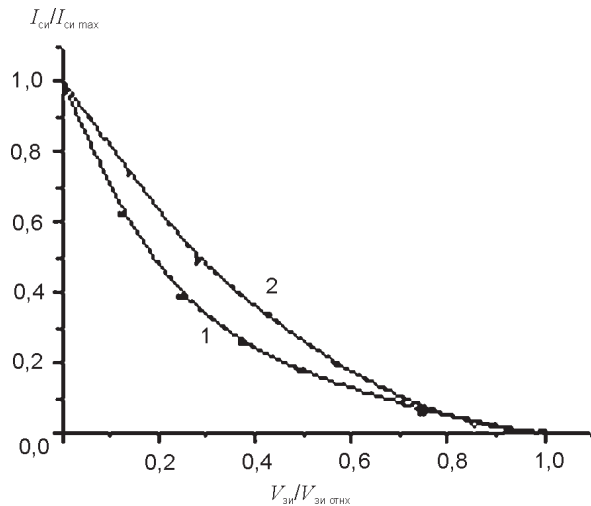


Рис. 3. Соткзатворные передаточные характеристики транзисторов канал которых легирован 1 – Te + Si и 2 – Te.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии принципом действия полевого транзистора в режиме запирания *p-n*-перехода уменьшается толщина проводящей части канала, приводя к уменьшению тока стока. Ход расширения слоя объемного заряда

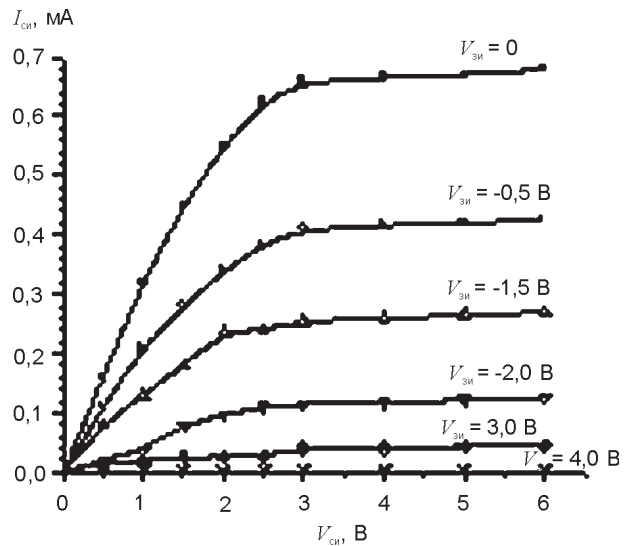


Рис. 4. Стоковая вольтамперная характеристика полевого транзистора канал которого Te + Si.

W_{oz} можно определить на основе прямых измерений из зависимости емкости *p-n*-перехода затвора от запирающего напряжения [4]

$$W_{oz} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{C}, \quad (1)$$

где ϵ , ϵ_0 – диэлектрические проницаемости полупроводника и вакуума, S – площадь и C – емкость *p-n*-перехода. Кривые зависимости толщины слоев объемного заряда от напряжения построенные на основе W_{oz} от C для обоих переходов приведены на рис. 5.

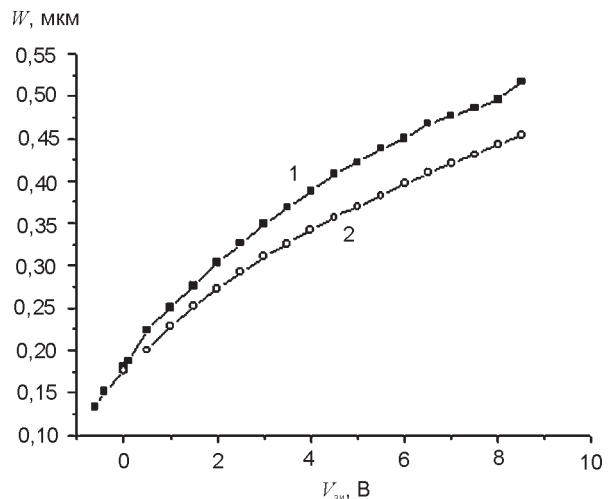


Рис. 5. Зависимости толщины слоев объемного заряда *p-n*-перехода от запирающего напряжения с активной областью легированной 1 – Te + Si и 2 – Te.

Как видно из рис. 5 для заданной толщины слоя объемного заряда, например, для канала с толщиной 0,35 мкм напряжение отсечки если для первого транзистора (Te + Si) будет

3,0 вольт, то для другого (Te) будем иметь 4,4 вольт.

Наблюдаемые зависимости напрямую связаны с законом изменения емкости от напряжения. Так в резких *p-n*-переходах показатель степени зависимости емкости от напряжения равен 2, а в случае плавных диффузионных переходов – 3 [4]. В исследуемых переходах для перехода, активная область которого легирована теллуром оно равно 2, а для перехода с легированной одновременно Te + Si активной области – 1,78. Отметим, что в равновесных условиях толщина слоя объемного заряда для резкого *p-n*-перехода на арсениде галлия удовлетворяет соотношению [5]

$$W_{03} = 10L_d \quad (2)$$

$$L_d \equiv \sqrt{\frac{2\epsilon\epsilon_0 kT}{q^2 N_b}}, \quad (3)$$

где L_d – дебаевская длина экранирования. При заданной концентрации $4,22 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ для образца (Te+Si) имеем $W_{03} = 9,8L_d$, т.е. имеем не только резкий, но и тонкий переход, поэтому показатель степени тоже получается меньше двух, рис. 2, кривая 1. Что касается коэффициента усиления, то оно прямо пропорционально зависит от крутизны передаточной характеристики и выходного сопротивления [6], чем больше их величины (R_d, S_{c-3}) тем выше коэффициент усиления

$$K = S_{c-3} \cdot R_d / (R_d + R_d). \quad (4)$$

Из рис. 3 видно, что когда к затвору транзисторов прикладывается 0,1 часть напряжения отсечки изменение тока стока у первого транзистора до 30% больше по сравнению со вторым транзистором канал которого легирован Te.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВИХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЬОВОГО ТРАНЗИСТОРА ВІД ПАРАМЕТРІВ КЕРУЮЧОГО ПЕРЕХОДУ Д.М. Єдгорова

У роботі приведені результати дослідження процесів розширення шару об'ємного заряду *p-n*-переходу затвору польового транзистора. Прямими дослідженнями закономірності зміни ємності *p-n*-переходу від напруги і характеристичного параметра встановлено, що чим різкіше і тонше *p-n*-перехід, тим вище крутість передатної характеристики виготовленого на його основі польового транзистора.

ВЫВОДЫ

Таким образом, основным критерием, обеспечивающим управляемое слоем объемного заряда перекрытие канала полевого транзистора является резкость *p-n*-перехода затвора. В противном случае уменьшается крутизна передаточной характеристики, и возрастает напряжение отсечки канала, что может привести к уменьшению коэффициента усиления. На основе исследования параметров управляющего *p-n*-перехода затвора полевого транзистора, то есть закономерности изменения емкости *p-n*-перехода от напряжения и характеристического параметра установлено, что чем резче и тоньше *p-n*-переход тем выше крутизна передаточной характеристики изготовленного на его основе полевого транзисторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника оптической связи. Фотоприемники/Пер с англ.– М.: Мир, 1988. – 526 с.
2. Кобболд Р. Теория и применение полевых транзисторов/Пер. с англ. В.В. Макарова. – Л.: Энергия, 1975. – 304 с.
3. Андреев В.М., Долгинов Л.М., Третьяков Д.Н. Жидкостная эпитаксия в технологии полупроводниковых приборов. – М.: Сов. Радио, 1975. – 120 с.
4. Берман Л.С. Емкостные методы исследования полупроводников. – Л.: Наука, 1972. – 104 с.
5. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. Кн. 1. – М.: Мир, 1984. – 456 с.
6. Каримов А.В. Многофункциональные арсенид галлиевые тонко переходные структуры– Ташкент: ФАН, 1992. – 176 с.

RESEARCH OF DEPENDENCE OF THE TARGET CHARACTERISTICS OF THE FIELD TRANSISTOR

D.M. Yodgorova

In the work the results of research of processes of *p-n*-junction gates space charge layer expansion in the field transistor are given. By direct researches of change of *p-n*-junction capacity with voltage and characteristic parameter is established, that the more abruptly and the thinner *p-n*-junction on the higher steepness of the transfer characteristics of the field transistor, made on its base is.