

REFERENCES

1. McVey E.S., Lee J.W. Some accuracy and resolution aspects of computer vision distance measurements. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1982. – Vol.4. – No.6. – p.646–649
2. Blostein S.D., Huang T.S. Error analysis in stereo determination of 3D point positions. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987. – Vol.9. – No.6. – p.752–765
3. Sohn W., Kehtarnavaz N. Analysis of camera movement errors in vision-based vehicle tracking. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995. – Vol.17. – No.1. – p.57–61
4. Sohn W., Kehtarnavaz N. Analysis of camera movements in stereo vision-based vehicle tracking – Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. – 1994. – Vol.2. – p.710–714
5. Schalkoff R.J. Digital image processing and computer vision. – NY: Wiley, 1989.
6. Roberts D.R., Marshall A.D. Viewpoint Selection for Complete Surface Coverage of Three Dimensional Objects. – Proceedings of the British Machine Vision Conference. – Southampton, 1998. – Vol.2. – p.740–750
7. Шмаков П.В. и др. Стереотелевидение. – М.: Связь, 1968.

Navakauskas, Dalius

Assoc. Prof. of Department of Electronic Systems, Dr. of Technical Sciences
Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania
Tel: (+370 5) 274-47-56
E-mail: dalius.navakauskas@el.vtu.lt

Serackis, Arturas

Ph.D.-student of Department of Electronic Systems, M.Sc.
Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania
Tel: (+370 600) 4-30-13
E-mail: arturas.serackis@el.vtu.lt

УДК 621.382.333.3

АЛЕКСЕЕВ В.Ф., КОВАЛЬКОВ Д.О.

**ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА Si-SiO₂
НА ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРА**

Рассмотрено влияние поверхностного заряда на обратный ток транзистора, влияние скорости поверхностной рекомбинации окисленной поверхности транзистора на коэффициент усиления транзистора.

В процессе работы транзистора на его параметры огромное влияние оказывают процессы и явления, происходящие на границе раздела Si-SiO₂. Для успешного выявления и прогнозирования параметрических отказов транзисторов необходимо изучать механизм влияния свойств границы раздела Si-SiO₂ на параметры транзистора.

Основное влияние на параметры транзисторов оказывают поверхностные свойства базовой области. Высокая концентрация примесей на поверхности базы ($10^{18} \dots 10^{19} \text{ см}^{-3}$) затрудняет непосредственное измерение ряда поверхностных параметров, однако они могут быть получены экстраполяцией имеющихся данных [1]. Поэтому

рассмотрим только два основных параметра поверхности: поверхностный заряд – Q_s и скорость поверхностной рекомбинации – S .

Известно, что заряд на границе Si-SiO₂ мало зависит от удельного сопротивления и типа проводимости кремния [2]. Для определения заряда на поверхности базовой области необходимо только проанализировать влияние технологического цикла изготовления прибора на величину заряда. Соответствующие данные сведены в таблице.

Плотность поверхностного заряда и соответствующий ей поверхностный потенциал кремния после различных технологических обработок

Обработка	Q_s , ед. эл.зар./см ²
Окисление (во влажном кислороде, 1150 °С, 1,5 ч)	$1,2 \times 10^{12}$
Диффузия бора (в атмосфере аргона, 850 °С, 1ч)	$9,8 \times 10^{11}$
Снятие боросиликатного стекла	$8,7 \times 10^{11}$
Разгон бора (во влажном кислороде, 1050 °С, 2,5 ч)	$1,3 \times 10^{12}$
Диффузия фосфора (в атмосфере аргона, 1000 °С, 1ч)	$6,0 \times 10^{11}$

Анализ этой таблицы показывает отсутствие сильного влияния основных технологических операций на величину заряда и дает возможность определить диапазон плотностей заряда, обычно получаемых на поверхности базы.

Величина S для базовой поверхности может быть оценена $10^5 \dots 10^6$ см/сек [3]. Расчет влияния рассматриваемых параметров на свойства транзисторов показывает, что реализуемые после изготовления транзисторы величины поверхностного заряда и скорости рекомбинации на поверхности базовой области вполне удовлетворительны с точки зрения работоспособности прибора.

Однако в процессе эксплуатации транзистора под действием электрического поля и повышенной температуры положительный заряд на поверхности базы может существенно возрасти [3]. Если плотность заряда оказывается достаточной для инверсии проводимости базовой области, то образование канала существенно изменяет весь комплекс параметров транзистора и в ряде случаев приводит к катастрофическому отказу.

С другой стороны, скорость поверхностной рекомбинации и концентрация быстрых поверхностных состояний, которые ее определяют, изменяются при работе прибора, что влечет за собой изменение усилительных свойств транзистора.

Канальная составляющая обратного тока связана с образованием области инверсий проводимости на поверхности p-n перехода. При инверсии поверхности базы планарного n-p-n транзистора появляется канал, который может вызывать обратные токи $10^{-6} \dots 10^{-7}$ А, что является недопустимым для нормального прибора [4]. За счет малых величин поверхностного генерационного тока канал образует проводящий слой между объемным переходом и омическим контактом. Вид обратной вольтамперной зависимости существенно зависит от свойств поверхностных состояний, определяющих поверхностный заряд.

В случае постоянного заряда при некоторой величине напряжения между инверсным слоем и объемом полупроводника концентрация подвижных носителей и соответственно проводимость канала падают практически до нуля. Это состояние называется перекрытием канала, а напряжение, соответствующее этому состоянию, напряжением перекрытия U_n [4].

$$U_n = \frac{2\pi Q_s^2 q}{\xi N} - \varphi_B \quad (1)$$

где Q_s – плотность поверхностного заряда; N – концентрация примесей в той области р-п перехода, на которой образуется канал; ξ – диэлектрическая проницаемость полупроводника; φ_B – положение уровня Ферми в объеме полупроводника.

Для постоянного поверхностного заряда имеются две области обратной вольтамперной характеристики канального тока:

$$U_0 < U_n; I_K = \int_0^{U_0} \sigma(v) dv \quad (2)$$

где U_0 – напряжение, приложенное к р-п переходу; $\sigma(v)$ – проводимость канала.

$$U_0 > U_n; I_K = \int_0^{U_0} \sigma(v) dv \quad (3)$$

На рис.1 (кривая А) представлена экспериментальная обратная вольтамперная характеристика коллекторного перехода планарного транзистора.

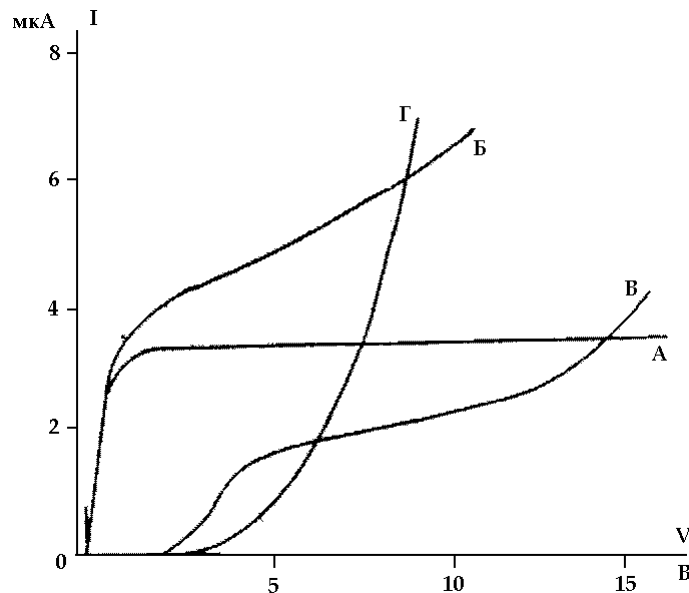


Рис.1. Различный вид вольтамперных характеристик p^+ -n перехода с каналом на поверхности

А – протяженный канал, напряжение перекрытия канала меньше напряжения пробоя(характеристика первого рода); Б – протяженный канал, напряжение перекрытия канала больше напряжения пробоя; В – локальный канал (характеристика второго рода); Г – поверхностный пробой p^+ – n перехода

Следует отметить два характерных участка этой зависимости: четкий участок насыщения обратного тока, связанный с перекрытием канала; при малых напряжениях рост тока происходит по закону близкому к логарифмическому. Такие характеристики получили название – канальные характеристики первого рода.

Однако указанные характеристики образуются не всегда. При увеличении поверхностной концентрации в базе растет плотность поверхностного заряда, вызывающего инверсию. Вольтамперная характеристика канала для этого случая изображена на рис.1 (кривая Б).

Для локального канала сквозного тока существовать не может. Локальный канал приводит к увеличению тока только в случае пробоя. В связи с чем на вольтамперной характеристике при малом напряжении нет заметного возрастания тока. При увеличении напряжения наступает пробой канала и ограничение тока канальным сопротивлением – рис.1 (кривая В).

Расчет поверхностной области пространственного заряда показывает, что при высокой поверхностной концентрации в базовой области пробой р-п перехода может наступить при плотности поверхностного заряда меньшей, чем это необходимо для инверсии поверхности базы – рис.1 (кривая Г).

Прямая ветвь вольтамперной характеристики также существенно зависит от свойств канала, как и обратная ветвь. Канал второго рода несущественно изменяет прямую ветвь характеристики, а значит и инжекционные свойства р-п перехода. Рассматривая в качестве р-п перехода эмиттер, можно ожидать, что появление канала второго рода вызывает резкое увеличение прямого тока на малых напряжениях. Естественно, что канал первого рода существенно уменьшает коэффициент усиления транзистора, особенно в области малых токов.

Коэффициент передачи тока α (в схеме с общей базой) и коэффициент усиления по току $\beta \frac{\alpha}{1-\alpha}$ (в схеме с общим эмиттером) сильно зависят от рекомбинации как в области базы, так и от скорости поверхностной рекомбинации [4].

Для получения максимального значения коэффициента усиления по току следует обрабатывать поверхность транзистора так, чтобы скорость поверхностной рекомбинации S была минимальной. Связь α с S представлена выражением:

$$\alpha = 1 - \frac{\sigma_b W}{\sigma_b L_b} - \frac{S C_k W}{S_k D_p} - \frac{W^2}{2L_b^2} \quad (4)$$

где W – ширина базы; σ_b и σ_s – проводимость базы и эмиттера, соответственно; L_b и L_s – диффузионная длина в области базы и эмиттера; S_k – площадь поперечного сечения; C_k – эффективная поверхностная рекомбинация.

Причиной параметрических отказов транзисторов в процессе работы являются поверхностные эффекты, которые обусловлены появлением положительного заряда на границе раздела Si-SiO₂ и его изменение в процессе эксплуатации приборов.

Положительный заряд на поверхности полупроводника вызывает изменение области пространственного заряда в полупроводнике, что приводит к изменению ряда параметров транзистора, главным образом обратного тока и коэффициента усиления.

Для успешного прогнозирования появления параметрических отказов транзисторов необходимо разрабатывать оперативные методы контроля параметров, поверхностных состояний и в первую очередь величины поверхностного положительного заряда и его стабильность, а также величину скорости поверхностной рекомбинации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киселёв В.Ф. Поверхностные явления в полупроводниках и диэлектриках. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1990. – 399 с.
2. Ржанов А.В. Электронные процессы на поверхности полупроводника. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1992. – 480 с.
3. Волькенштейн Ф.Ф. Физикохимия поверхности полупроводников. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1994. – 399 с.
4. Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. – М.: Сов. радио, 1990. – 400 с.

Алексеев Виктор Федорович

Профессор кафедры радиоэлектронных средств, канд. техн. наук
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г.Минск
Тел.: (+375 17) 239-84-10
E-mail: snto@bsuir.unibel.by

Ковальков Дмитрий Олегович

Инженер
ЗАО "НПП БелСофт", г.Минск
Тел.: (+375 17) 222-77-77
E-mail: kafres@bsuir.unibel.by

УДК 681.3.06

ВОЛОДЬКО А.А., ТИВАНОВА М.С.

СИСТЕМА УЧЕТА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Рассматриваются принципы построения и элементы функциональной подсистемы, обеспечивающей учет вычислительной техники, реализованной на основе трехуровневой архитектуры "клиент-сервер" с использованием технологии XSLT.

Важнейшей функцией интегрированной информационной системы БГУИР, в состав которой входит представляемая задача, является информационная поддержка принятия управленческих решений. Подсистема учета СВТ создается с целью проведения количественного и качественного анализа эксплуатируемой в университете вычислительной техники.

Вычислительная техника находится на материальном учете в бухгалтерии. Однако бухгалтерская отчетная документация не позволяет получить и проанализировать информацию об использовании техники в учебном процессе, научно-исследовательской, административно-хозяйственной деятельности, используемом программном обеспечении, удельном весе современной и устаревшей техники, динамике ее приобретения для нужд различных подразделений, комплектации, конфигурации, периферийных устройствах, продолжительности использования в течение рабочего дня, загрузки компьютерных классов и т.д. Для проведения подобного анализа необходимо дополнить бухгалтерскую информацию недостающими данными, обеспечив возможность их поступления в главную базу данных.

Для решения поставленной задачи была разработана структура базы данных, пользовательское приложение, а так же средства импорта данных из системы бухгалтерского учета 1С. Схема информационных потоков подсистемы представлена на рис.1.

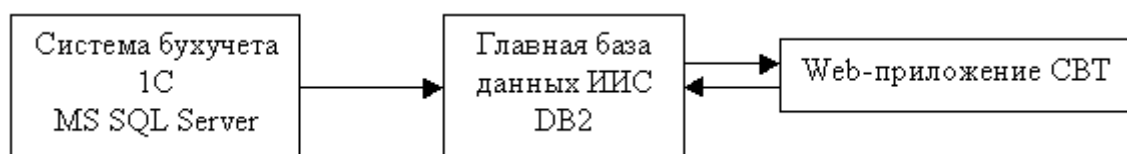


Рис.1. Схема информационных потоков подсистемы учета СВТ

При реализации подсистемы на уровне базы данных была создана единая таблица всех устройств, в которую были внесены все их общие характеристики. Особенностью