

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ЗАТВОРОМ ШОТТКИ

Студенты гр. 113515 О.А. Власюк, И.А. Трескунов,
гр. 103136 М.Л. Лобашевич., А.Ю. Кулик, Е.С. Терешонок,
канд. физ.-мат. наук В.В. Черный

Белорусский национальный технический университет

Широкое применение быстродействующих полевых транзисторов на основе арсенида галлия стимулирует интерес к исследованию свойств этих приборов. В данной работе предпринята попытка оценки таких важных параметров, как профиль концентрации и подвижности носителей тока в канале полевого транзистора с затвором в виде барьера Шоттки. Ранее [1] был предложен метод определения профиля подвижности электронов в канале такого транзистора, используя данные по профилю концентрации носителей заряда, полученные из емкостных измерений на исходных пластинах.

Однако обычно подобная информация недоступна. Поэтому представляется важным разработать метод определения вышеуказанных параметров на основе измерений, проведенных на готовых приборах.

Для получения профиля концентрации проводились измерения емкости обратно смещенного барьера Шоттки [2]. Однако, как показали дальнейшие исследования, величина измеренной емкости C_m представляет собой сумму как собственно емкости барьера Шоттки $C(V)$, так и паразитной емкости C_o (связанной с выводами электродов и с корпусом). При этом емкость барьера оказалась значительно меньше (в 2.5-3 раза), чем емкость C_o . Расчет концентрации и подвижности оказался возможным только при определенных значениях C_o , лежащих в очень узком интервале. Точное значение C_o определялось путем подбора с помощью компьютерной программы. С её помощью производились также расчеты для проведения итерационных циклов, как это было предложено в работе [1].

Для определения профиля подвижности, как и в [1], проводились дополнительные измерения: определялись зависимость крутизны транзистора $g_m(V)$ и сопротивления между истоком и стоком R_{sd} (равного отношению напряжения сток-исток U_{sd} к току стока I_d) от величины обратного смещения на затворе V . Величина обратного смещения на затворе выбиралась такой же, что и при емкостных измерениях. Измерения $g_m(V)$ проводились в линейной области (напряжение сток-исток U_{ds} составляло 50 мВ) по стандартной методике. При измерениях транзистор фиксировался в специальной ячейке, исключавшей самовозбуждение схемы.

Подвижность носителей тока на различном расстоянии от границы обедненной области при нулевом смещении определялась по формуле, полученной в [1].

Далее, как и в этой работе, по полученным профилям концентрации и подвижности проводился расчет поверхностного сопротивления канала при различных значениях обратного смещения. Сопоставление полученных данных с экспериментально определенными значениями сопротивления исток-сток при тех же значениях обратного смещения позволяет уточнить значение длины затвора. После этого расчеты концентрации и подвижности, а также поверхностного сопротивления повторялись снова уже при уточненных значениях длины затвора и его площади.

Такой итерационный процесс для определения окончательного вида профиля повторялся не один раз, как это имело место в [1], а три. Кроме того, как уже отмечалось, значение паразитной емкости корпуса и выводов уточнялось путем подбора для получения наилучшей корреляции расчетных и экспериментально определенных значений сопротивления исток-сток при различных величинах обратного смещения на затворе.

Форма профиля концентрации электронов оказалась близкой к гауссовой, характерной для транзисторов, полученных методом ионной имплантации. Концентрация на границе канала с обедненным слоем составляла в среднем $1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и монотонно падала по мере удаления от нее вглубь канала. Это означает, что глубина травления канавки под затвор для исследованных транзисторов завышена.

Значения подвижности на указанной границе находились в интервале $1600\text{--}2000 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. В отличие от результатов работы [1], подвижность несколько возрастала с уменьшением концентрации носителей по мере роста глубины слоя. Такое поведение подвижности наблюдалось ранее в работе [3]. Численные значения концентрации и подвижности находятся в пределах интервалов, характерных для подобных приборов. Это позволяет надеяться, что приведенная методика при проведении тестовых измерений на исходных пластинах и при повышении точности емкостных измерений может быть основой для метода определения профиля концентрации и подвижности.

Использованные источники

1. Шур, М. Современные приборы на основе арсенида галлия / М. Шур. – М.: Мир, 1991. – 632 с.
2. Зи, С. Физика полупроводниковых приборов/ С. Зи. –М.: Мир, 1984. – Кн. 1. 456 с.
3. David, J.P., Faucheux, J.F., Roises, A. Defect Recognition and Image Processing in 111-V Compounds 11. Amsterdam, 1987. – P. 49–54.