

Динамические характеристики полупроводниковых диодов

Лабораторная работа №201Д

1. Задание к допуску

- 1.1. Начертить в тетради схему моделирования заряда барьерной емкости (рис.1.1). Начертить эскиз ожидаемой временной диаграммы напряжения на диоде.

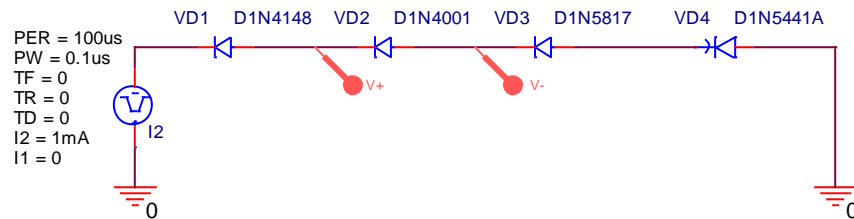


Рис.1.1 Схема моделирования заряда барьерной емкости

В этой схеме диоды соединяются последовательно с источником импульса тока IPULSE. Длительность PW импульса тока для каждого диода должна быть такой, чтобы напряжение на диоде достигало 10-15 В, но не превышало напряжения пробоя B_v .

- 1.2. Начертить в тетради схему моделирования зависимости барьерной емкости от “обратного” напряжения (рис.1.2). В таблице свойств генератора VPWL V1 “кусочно-линейного импульса” установить, например,: $V1=0V$, $V2=10V$, $V3=0V$, $T1=0us$, $T2=1us$, $T3=2us$.

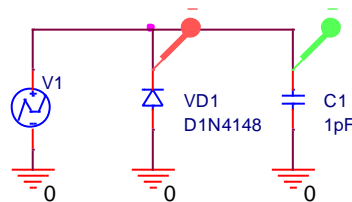


Рис.1.2 Схема моделирования зависимости барьерной емкости от “обратного” напряжения

Конденсатор $C1$ предназначен для контроля масштаба барьерной емкости. Емкость конденсатора должна быть порядка C_{jo} модели и декадно кратна 1pF (1pF, 10pF, 100pF, 1nF). При установленной крутизне ($dU/dt = (V2-V1)/(T2-T1) = 10V/1us$) линейно изменяющегося напряжения ток конденсатора с емкостью 1pF равен 10uA. Ток диода ($I_d = I_{sr} + C \cdot dU/dt$) при достаточно большой крутизне dU/dt ($C \cdot dU/dt \gg I_{sr}$) пропорционален барьерной емкости. Для каждого диода по параметрам модели I_{sr} и C_{jo} определить необходимую крутизну и емкость конденсатора. Максимальное напряжение $V2$ генератора не должно превышать напряжение пробоя B_v .

- 1.3.. Начертить схемы моделирования процесса рассасывания не основных носителей (рис.1.4). Начертить эскиз ожидаемой временной диаграммы напряжения на диоде.

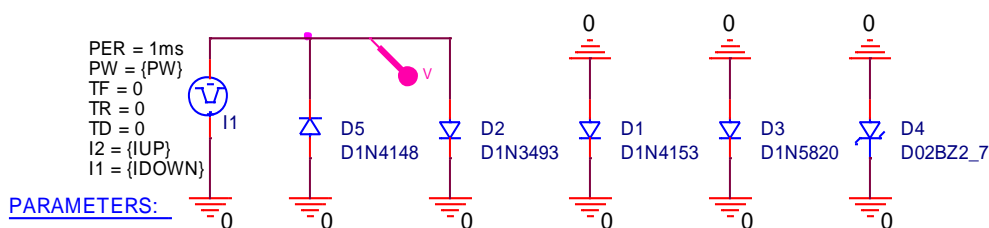


Рис.1.3 Схема моделирования процесса рассасывания не основных носителей

В этой схеме диод D5 выполняет вспомогательную функцию ограничения напряжения на выходе генератора импульса тока при **отрицательном** знаке параметра тока $I1=\{IDOWN\}$.

2. Задание к выполнению

2.1. Барьерная емкость

2.1.1. Соединить диоды (кроме стабилитрона) последовательно и подключить к импульсному источнику тока **IPULSE** из библиотеки **SOURCE** (рис.1.1).

Установить параметры импульса: исходное состояние **I1** = 0, амплитуда импульса **I2** = 1 μ A-10mA (зависит от диода), задержка **TD** = 0, длительность фронта **TR** = 0, длительность спада **TF** = 0, длительность вершины импульса **PW** = 10 μ s, период повторения **PER** = 100 μ s.

Задание на моделирование (*Simulations Settings*) перевести в режим получения временных диаграмм (*Time Domain (Transient)*), установить **Run to Time** = 10 μ s, **Start saving data after** = 0, **Maximum step size** = 1ns. Подключить к исследуемому диоду пробники разности напряжений и получить зависимость обратного напряжения от времени. Для каждого диода подобрать **I2** и **Run to Time** так, чтобы обратное напряжение к концу интервала наблюдения достигало 10-50V, но не превышало напряжения пробоя (**Bv** в модели). Амплитуда тока **I2** должна быть много больше максимального обратного тока диода.

Зарисовать полученные временные диаграммы для каждого диода в тетрадь.

2.1.2. Для каждого диода составить схему моделирования зависимости барьерной емкости от “обратного” напряжения (рис.1.2).

В задании на моделирование установить **Run to Time** = T3 (2 μ s), **Start saving data after** = 0, **Maximum step size** = 1ns. Подключить к исследуемому диоду и конденсатору пробники тока, получить зависимости токов от времени. По известной крутизне и емкости конденсатора определить масштаб напряжения (горизонтальной оси) и масштаб емкости (вертикальной оси).

2.2. Диффузионная емкость

2.2.1. Составить схему рис.1.3. В состав схемы, кроме исследуемого диода и импульсного источника тока **IPULS**, входит вспомогательный высокочастотный диод **D5** для ограничения отрицательного напряжения источника тока **I1**. Токи **I1**, **I2** и длительность **PW** надо сделать глобальными параметрами: $I1=\{IDOWN\}$, $I2=\{IUP\}$, $PW=\{PW\}$ с рекомендуемыми номинальными значениями $I1=-10mA$, $I2=100mA$, $PW=10\mu s$.

Импульсами тока этого генератора накапливаются неосновные носители (“заряжается диффузионная емкость”) исследуемого диода **D1**, а в паузе между импульсами рассасываются не основные носители (“диффузионная емкость разряжается”). Время разряда диффузионной емкости определяется по задержке начала разряда барьерной емкости после спада импульса **I1**.

В задании на моделирование (*Simulations Settings*) установить **Run Time** = **PW** + 0.1-20us (зависит от диода), **Start saving data after** = **PW**, а **Maximum step size** = 1ns (0.1ns для высокочастотного диода). Дополнительно в задании на моделирование включить **Parametric sweep** по **Global parameter IUP** со **Start value** 10mA, **End value** 100mA и **Increment** 10mA.

Провести временное моделирование для напряжения на диоде. Для каждого диода подобрать параметры **PW** импульсов, **Run Time** и **Maximum step size**.

Зарисовать полученные временные диаграммы.

2.2.2. В задании на моделирование заменить имя глобального параметра на **IDOWN** и только для выпрямительного подобрать параметры **PW**, **Run to Time**, **Maximum step size** и получить аналогичные временные диаграммы напряжения.

Зарисовать полученные временные диаграммы

3. Задание к сдаче работы

3.1. По временным диаграммам пункта 2.1.1 для каждого диода оценить величину барьерной емкости при пиковом напряжении на диоде. Сравнить полученные результаты расчета со значениями C_{jo} модели.

3.2. Проверить соответствуют ли полученные в пункте 2.1.2 зависимости барьерных емкостей диодов от напряжения теоретической зависимости: $C = \frac{C_{jo}}{\sqrt{1 - \frac{U}{U_0}}}$. Определить U_0 (для

кремниевых варикапов $U_0 \approx 1,1 \text{ В}$).

3.3. Предложить метод получения зависимости барьерной емкости от обратного напряжения при сравнимых токах $C \cdot dU/dt$ и I_{sr} .

3.4. Как зависит оценка (по результатам моделирования) C_{jo} от обратного тока диода?

3.5. Проверить влияет ли температура на барьерную емкость диода (варикапа).

3.6. Оценить по результатам моделирования пункта 2.2.1 заряд неосновных носителей выпрямительного диода при заданном токе.

3.7. Построить график зависимости заряда неосновных носителей выпрямительного диода от тока.

Список литературы

1. Б.Н.Митяшев. Полупроводниковые приборы. Изд.МФТИ, 1978.
2. А.С.Терентьев. PN-диод. Изд.МФТИ, 1980
3. В.П.Псурцев. Моделирование электронных схем Изд.МФТИ, 2007.