

## МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СИЛОВЫХ КРЕМНИЕВЫХ ДИОДОВ

Студент гр.113455 И.А. Ранчинский,  
канд. физ.-мат. наук, доцент В.И. Сопряков

*Белорусский национальный технический университет*

Известно, что качество кремния для силовых приборов большой площади имеет определяющее значение для получения надежных изделий, так как при высоких обратных смещениях р-п-перехода может возникать неоднородное распределение тока и температуры по площади структуры и неустойчивость его протекания, связанные с наличием неоднородностей и дефектов материала. Оптимальным с целью контроля качества является выбор такого информативного параметра, который бы контролировался в области высоких обратных напряжений диода, был связан с неоднородностью и дефектами структуры, а также был чувствителен к деградационным процессам, протекающим при испытаниях прибора.

Структура вольт-амперной характеристики (ВАХ) перед участком лавинного электрического пробоя диода несет информацию о неоднородности распределения тока по площади. Ток при этом протекает в местах скопления дислокаций, включений второй фазы, неоднородностей удельного сопротивления, образуя микроплазмы. При изучении структуры ВАХ полупроводниковых нелинейных элементов необходимо знать ширину и начальное напряжение линейных участков или более сложных особенностей ВАХ. Определение этих величин из ВАХ в большинстве случаев невозможно. Применение техники двойного дифференцирования ВАХ, дает существенный выигрыш в разрешении начальных напряжений линейных участков и особенностей ВАХ, связанных с отдельными микроплазмами, так как её первая производная представляет кривую, подобную ступенчатой, а вторая производная – совокупность узких максимумов и минимумов.

Известно, что амплитуда второй гармоники переменного тока в режиме малого сигнала пропорциональна второй производной ВАХ  $d^2I/dU^2$ . Для измерения второй производной разработана установка модуляционного дифференцирования ВАХ, в которой реализован метод детектирования гармоник. Установка позволяет измерять и записывать на двухкоординатный потенциометр ВАХ и её вторую производную в диапазоне 0...1000 В. Чувствительность в режиме измерения  $d^2I/dU^2$  составляет 1 мкВ при отношении сигнал-шум, равном трем.

Измерительная схема представляет последовательное соединение обратно смещенного диода и малого измерительного сопротивления. При измерении  $d^2I/dU^2$  в измерительную схему подается постоянное напря-

жение, промодулированное малым переменным напряжением (1...10 В) с частотой 300 Гц. Амплитуда модуляции и величина измерительного сопротивления регулируются с целью достижения оптимального разрешения и помехоустойчивости. Переменное напряжение с измерительного сопротивления подается на предварительный усилитель и активный резекторный фильтр на частоту 300 Гц. Далее сигнал усиливается селективным усилителем, настроенным на частоту второй гармоники (600 Гц) и детектируется синхронным детектором. В канал опорного напряжения синхронного детектора включен удвоитель частоты.

В работе исследовались р-п-структуры диаметром 8 мм, полученные диффузией бора в кремний n-типа с примесью фосфора с удельным сопротивлением 12 Ом·см. Измерения ВАХ показали, что более половины испытанных выпрямительных элементов имеют значение обратного тока при 800В, близкое к граничному значению 100 мкА.

Для выявления потенциально ненадежных элементов исследовалась структура ВАХ в предпробной области (рис.1).

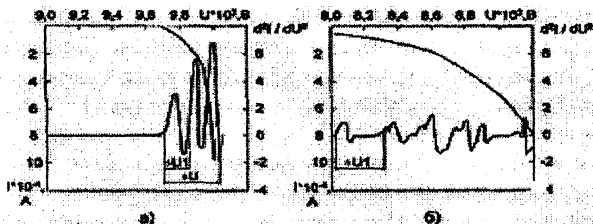


Рис.1. ВАХ и её вторая производная для контрольного (а) и бракованного (б) элементов

Значения напряжений возрастания второй производной ВАХ соответствуют началу линейных участков ВАХ, связанных с отдельными микроплазмами. Как видно из рис.1, а, микроплазмы для однородных образцов распределяются в сравнительно узком интервале напряжений, при этом значение перенапряжения на первой микроплазме  $\Delta U = 30$  В. В неоднородных элементах количество микроплазм возрастало с двух-трех до пяти-шести, и располагались они в более широкой области напряжений  $\Delta U > 100$  В (рис.1, б). Область применения метода контроля величины перенапряжения на первой микроплазме  $\Delta U$  может быть ограничена вследствие риска деградации на участке лавинного пробоя. Для преодоления данного ограничения в качестве контрольного параметра можно выбрать разность между напряжениями включения первой и второй микроплазмы  $\Delta U_1$  (рис.1 а и б), так как значения  $\Delta U_1$  и  $\Delta U$  коррелируют между собой.

Исследованные элементы подвергались наработке электрическим током, что позволило выявить высокую вероятность отказа ( $P > 0,5$ ) в группе элементов с высокими значениями  $\Delta U_1$  и  $\Delta U$ .