

Е.И. Бочаров, Н.С. Кулаков, Э.Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф.

М.А. Бонч-Бруевича

КОММУТАЦИОННЫЕ ДИОДЫ СВЧ ПРИ ОБРАТНОМ СМЕЩЕНИИ

Коммутационные диоды СВЧ широко используются в полупроводниковых устройствах СВЧ-диапазона. Принцип действия коммутационных диодов основан на резком изменении полного сопротивления диода при изменении полярности управляющего напряжения.

В настоящее время устройства на полупроводниковых структурах могут работать при большом уровне СВЧ мощности. Уровень мощности сигнала в таких устройствах может достигать порядка 10...50 кВт в импульсе, при этом время восстановления обратного сопротивления у современных диодов на порядки меньше длительности импульса.

Одновременное включение нескольких диодов в «плечи» переключателя позволяет создать устройства, работающие при большом уровне СВЧ мощности, а также значительно увеличить ослабление в режиме «закрото».

Реализация устройств с большим уровнем рабочей мощности, как правило, имеет волноводное исполнение, а, как известно, любые волноводные структуры (резонаторы, шлейфы, мосты) обладают высокой добротностью. Потери на стенках волноводов невелики, и поэтому при определенных условиях высокая добротность линии может стать причиной паразитных эффектов.[3]

В современной литературе нет рекомендаций по выбору запирающих напряжений СВЧ диодов в составе коммутационных схем СВЧ.

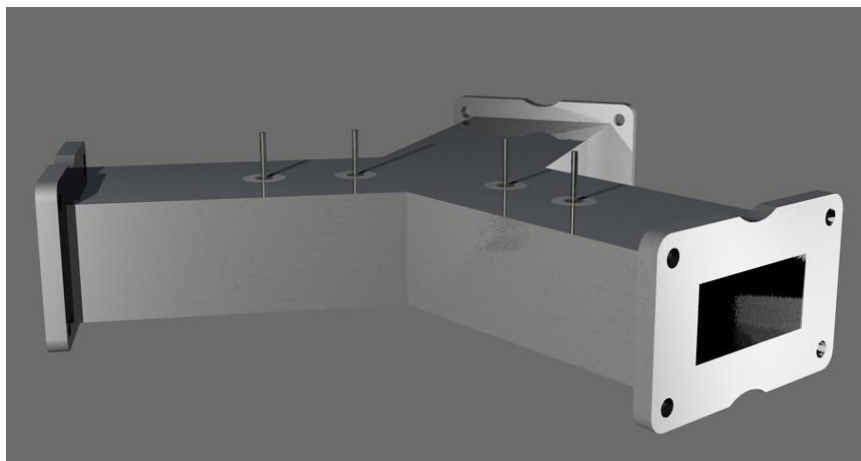


Рисунок. 1. Двухканальный переключатель.

Эквивалентные схемы коммутационных диодов и возможность лавинного пробоя в них [1] дают основания предположить, что при высокочастотном (волноводном) включении диода, а также при подаче на диод запирающего напряжения близкого к пробивному (особенно в отрицательный полупериод СВЧ колебания), напряжение на диоде может достичь пробивного. В этот момент диод может стать «фактически» лавинно-пролетным. Следует так же отметить, что при непрерывной работе на высокой мощности диод нагревается, что при плохом теплоотводе

может повлечь нарушение теплового равновесия, и как следствие - значительное понижение пробивного напряжения по сравнению с номинальным значением в технических характеристиках.

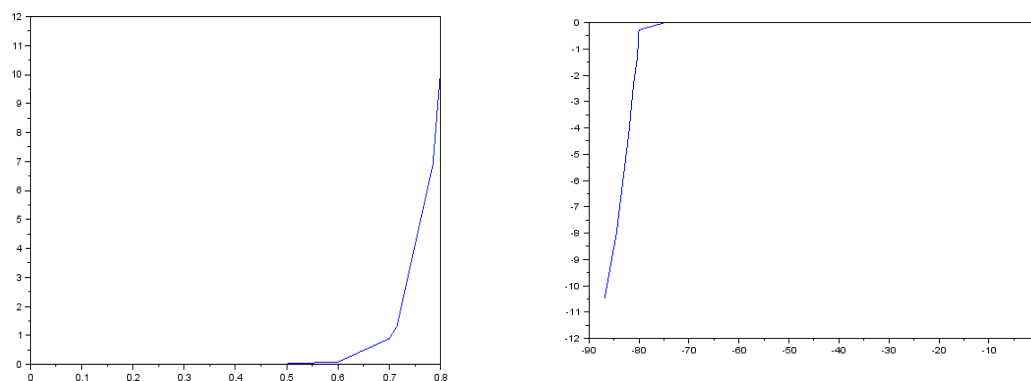


Рис. 2 Прямая (слева) и обратная (справа) ветви ВАХ коммутационного диода (напряжение в вольтах, ток в миллиамперах).

Для проверки предположений о паразитной генерации СВЧ - диодов были выбраны различные образцы с относительно невысоким обратным пробивным напряжением, которые широко используются в современных СВЧ-устройствах. Первым этапом работы было снятие ВАХ диодов (2А-546А, 2А-507А, 2А-510А) и поиск минимального пробивного напряжения в каждом конкретном случае. Были получены прямые и обратные ветви ВАХ. Из трех исследуемых диодов минимальное пробивное напряжение (порядка 85 В) было получено у диода 2А-510А.

Далее в ходе работы было предложено поместить диод в сферический резонатор, чтобы проверить предположения о выделении СВЧ мощности при пробое диода. Для работы был взят сферический резонатор, внутри которого был помещен диод с подведением питания и элементом связи. Коаксиальный кабель от элемента связи был подключен к всеволновому ваттметру для регистрации СВЧ мощности.

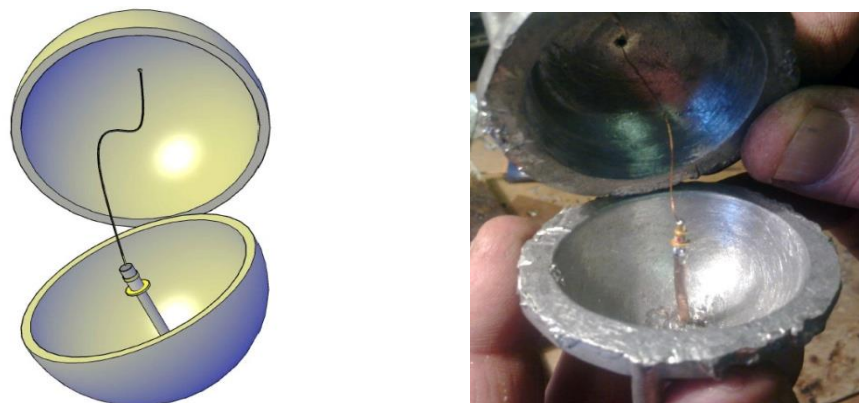


Рис. 3 Моделирование (слева) и реализация (справа) устройства со сферическим резонатором и коммутационным диодом.

При подаче обратного напряжения близкого к пробивному, ваттметр зарегистрировал мощность порядка 1 мВт, генерация продолжалась около 5...10 секунд. Точно определить частоту генерации при подаче постоянного пробивного напряжения довольно сложно, однако можно предположить, что подача пилообразного напряжения, которое близко у острия «пилы» к пробое, позволит определить и частоту генерации, и не допустить теплового пробоя диода. Предположение о том, что коммутационные диоды СВЧ могут вносить заметные искажения в

сигнал, а также при неправильном выборе запирающего напряжения, создавать фактически «регенеративный усилитель» на лавинно-пролетном эффекте, подтвердилось.

В дальнейшем планируется разработать инженерную методику для выбора запирающих напряжений в устройствах СВЧ на коммутационных диодах.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Тагер А. С., Вальд-Перлов В. М., Лавинно-пролетные диоды и их применение в технике СВЧ, М., Издательство «Советское радио», 1968.
- 2) Вайсблат А.В., Коммутационные устройства СВЧ на полупроводниковых диодах, М., Издательство «Радио и связь», 1987.
- 3) Бочаров Е.И., Кулаков Н.С., Седышев Э.Ю., Доклад. «III Международная научно-техническая и научно-методическая конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» СПбГУТ им.проф.М.А.Бонч-Бруевича, «Исследование р-і-п диода в многоканальном коммутаторе», СПб., 2014 год.