

06;12

Отрицательное дифференциальное сопротивление туннельного диода, наведенное внешним СВЧ-сигналом

© Д.А. Усанов, С.Б. Вениг, В.Е. Орлов

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского

Поступило в Редакцию 1 июня 1998 г.

Описан экспериментально обнаруженный эффект возникновения участка отрицательного дифференциального сопротивления на вольт-амперной характеристике туннельного диода под воздействием внешнего СВЧ-сигнала для случаев, когда напряжение смещения на диоде в отсутствие СВЧ-сигнала существенно меньше пикового значения. Измерения проведены в диапазоне частот воздействующего сигнала 25–140 GHz.

Известно, что при подаче на туннельный диод напряжения, выше некоторого (пикового) значения, на его вольт-амперной характеристике появляется участок, характеризующийся отрицательным дифференциальным сопротивлением. В работе [1] показано, что N -образность вольт-амперной характеристики туннельного диода исчезает при воздействии на него внешнего СВЧ-сигнала повышенного уровня мощности, что связано с разогревом носителей заряда и влиянием постоянной составляющей тока через диод, обусловленной эффектом детектирования [2]. В работах [2] не исследовалось влияние СВЧ-сигнала на характеристики туннельного диода для случая, когда подаваемое внешнее смещение не достигает значений, при которых проявляется N -образность вольт-амперной характеристики. Отметим, что вольт-амперная характеристика туннельного диода для этого диапазона изменения напряжений смещения близка к линейной, и поэтому априори не ясно, может ли привести воздействие на туннельный диод, на который подано напряжение смещения в пределах линейного участка вольт-амперной характеристики, к появлению на ней падающего участка. В то же время из результатов работ [1,2] можно сделать вывод о том, что воздействие СВЧ-сигнала может существенным образом влиять на характер вольт-амперной ха-

рактические вследствие, в частности, возникновения термоэдс горячих носителей заряда и появления эффекта детектирования СВЧ-сигнала.

С целью изучения особенностей влияния внешнего СВЧ-сигнала на вольт-амперную характеристику были проведены экспериментальные исследования. Туннельный диод или несколько последовательно соединенных диодов типа 1И308 с помощью держателей размещались в отрезке короткозамкнутого волновода сечением 7.2×3.4 мм. Частота воздействующего излучения составляла 38 GHz. Использование волноводной конструкции и внешнего фильтра исключали возможность возникновения условий для генерации сигнала туннельным диодом, собственная частота генерации которого составляла 1–2 GHz. Вольт-амперная характеристика туннельного диода фиксировалась с помощью характеристикографа с частотой развертки 10 kHz, при этом, как отмечалось выше, диапазон изменения подаваемых напряжений смещения в отсутствие СВЧ-сигнала не выходил за пределы линейного участка вольт-амперной характеристики.

На рис. 1 представлены экспериментальные результаты измерения вольт-амперных характеристик туннельного диода при различных значениях тока через диод в отсутствие (кривые 1) и при подаче внешней

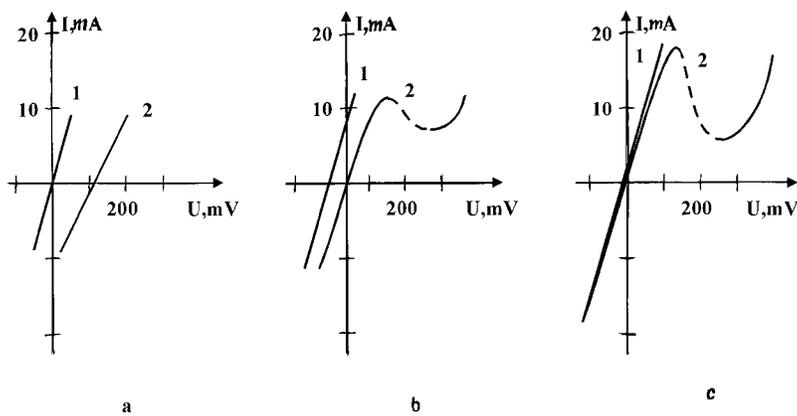


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики туннельного диода при различных значениях тока через диод в отсутствие СВЧ-сигнала (кривые 1) и при подаче внешнего СВЧ-сигнала (кривые 2) различной мощности (*a* — 1600 mW, *b* — 300 mW, *c* — 2 mW).

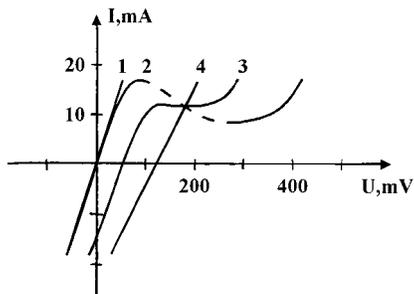


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики туннельного диода при различных значениях мощности внешнего СВЧ-сигнала: 1 — 0 мW, 2 — 2 мW, 3 — 200 мW, 4 — 1200 мW.

СВЧ мощности (кривые 2). При значениях тока через диод, меньших половины пикового тока I_n , который составлял для исследуемого диода 22.6 мA, ни при каких значениях подаваемой СВЧ-мощности, вплоть до максимального значения использовавшейся в эксперименте мощности, составлявшего 1.6 W, падающий участок на вольт-амперной характеристике не возникал. В этом случае вольт-амперная характеристика диода с ростом мощности внешнего СВЧ-сигнала "смещалась" в область больших положительных значений напряжений (рис. 1, *a*). Для значений тока через диод I в интервале $I_n/2 < I < I_n$ при подаче внешнего СВЧ сигнала, начиная с некоторых значений уровня мощности воздействующего сигнала, на вольт-амперной характеристике диода возникал участок отрицательного дифференциального сопротивления, причем с ростом тока через диод уменьшалась величина мощности СВЧ, при которой возникал падающий участок на вольт-амперной характеристике диода (*b* — 300 мW, *c* — 2 мW). С ростом подаваемой СВЧ-мощности участок отрицательного дифференциального сопротивления исчезал и при превышении некоторого значения уровня СВЧ мощности (в рассматриваемом случае 1.2 W) вольт-амперная характеристика туннельного диода вновь становилась практически линейной (рис. 2) для любого начального значения тока через диод.

Для цепей из двух и трех последовательно соединенных туннельных диодов, вольт-амперная характеристика которых в отсутствие СВЧ-сигнала содержит соответственно два и три падающих участка,

воздействие внешнего СВЧ-сигнала при развертке вольт-амперной характеристики в пределах линейного участка также приводило к возникновению на ней падающих участков. Экспериментально было установлено, что с ростом мощности внешнего СВЧ-сигнала на вольт-амперной характеристике цепи из последовательно соединенных туннельных диодов сначала возникали участки отрицательного дифференциального сопротивления, порядок возникновения и число которых определялся соотношением сопротивлений диодов на постоянном токе и значением тока через диоды в отсутствие СВЧ-сигнала, затем последовательно, начиная с участка в интервале больших значений напряжения, исчезали падающие участки на вольт-амперной характеристике и она становилась близкой к линейной.

Появление участка отрицательного дифференциального сопротивления на вольт-амперной характеристике туннельных диодов при воздействии на них СВЧ-мощности и подаче смещения, меньше пикового напряжения, было экспериментально установлено в диапазоне частот воздействующего сигнала от 25 до 140 GHz.

Таким образом, показано, что при воздействии СВЧ-излучения на туннельные диоды, смещенные в прямом направлении до напряжений, меньших пикового на их вольт-амперных характеристиках, практически линейных в отсутствие СВЧ сигнала, могут появляться участки отрицательного дифференциального сопротивления.

Список литературы

- [1] Усанов Д.А. и др. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. № 8. С. 50–51.
- [2] Усанов Д.А. и др. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. № 7. С. 81–85.