

06.2;09

©1995

О ХАРАКТЕРЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЛАВИННО-ПРОЛЕТНОМ ДИОДЕ

А.Е.Осадчук, А.А.Шадрин

Одним из квазистатических режимов работы ЛПД, т.е. режимов, не связанных с динамическим отрицательным сопротивлением в области лавинно-пролетной частоты $f_{пр}$, являются релаксационные колебания, возникающие при определенных комбинациях параметров цепи питания в отсутствие внешней резонансной системы. Несмотря на отдельные сообщения о теоретическом обнаружении [1] и экспериментальном наблюдении [2] этого явления, систематического анализа качественных и количественных характеристик такого режима в литературе до сих пор не встречалось.

На основе численной нелинейной нестационарной модели ЛПД [3] авторами проведено исследование указанного эффекта в цепи, состоящей из последовательно включенных источника напряжения E , балластного сопротивления R и диода с шунтирующей (конструктивной) емкостью C . Рассматривался двухпролетный ЛПД миллиметрового диапазона с плоским симметричным профилем легирования. Анализ осуществлялся при трех значениях C — 1; 0.5; 0.1 пФ и четырех значениях R — 50; 35; 20; 10 Ом; для каждой пары этих величин производился поиск области E устойчивой генерации (зоны генерации).

Численный эксперимент показал, что нарастающие релаксационные колебания при $R = \text{const}$ наблюдаются в определенном диапазоне значений постоянной составляющей тока через диод $I_{0 \min} - I_{0 \max}$, а значит, и $E_{\min} - E_{\max}$. Этот результат хорошо согласуется с экспериментальными данными [2], где релаксация исчезала за пределами некоторых минимальной и максимальной амплитуд импульса напряжения, подаваемого на ЛПД.

Качественные особенности колебательного процесса, отражающие характер тока через ЛПД (напряжения на диоде) сведены в таблицу, где КМ — квазимонохроматизм во всех зоне генерации, Ш — шумовой тип (ВЧ искажения участков квазигармонического сигнала), С — стохастические или близкие к стохастическим колебания в некоторых частях зоны генерации.

C, пФ	R, Ом			
	50	35	20	10
1	КМ	КМ	КМ	Ш
0.5	КМ	КМ	С	С
0.1	С	С	С	С

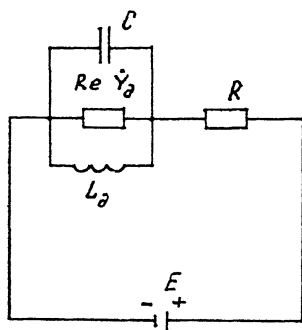
Отмеченное принципиальное влияние на вид колебаний величины C коррелируется с результатами анализа релаксации, стимулируемой лавинно-пролетными колебаниями в схеме с внешним резонансным контуром [4]. Отличие состоит в большей выраженности тенденции к стохастизации ввиду отсутствия такого “демпфирующего” фактора, как высокочастотная колебательная система.

Вычисление комплексной проводимости ЛПД Y_d по результатам Фурье-анализа тока и напряжения на диоде для КМ-колебаний продемонстрировало выполнение следующих выражений:

$$\operatorname{Re} Y_d \approx -\frac{1}{R}, \quad (1)$$

$$\operatorname{Im} Y_d \approx -\omega C, \quad (2)$$

т.е. исследуемая схема сводится к эквивалентной рисунку, а (1) выполняет роль своеобразного условия “баланса амплитуд”, (2) — “баланса фаз”. Индуктивность лавинного умножения ЛПД проявляется как некоторая константа. Генерация отмечена на частотах в области 3–4-й субгармоники $f_{\text{пр}}$. Переход к стохастическим колебаниям с уменьшением C может быть объяснен повышением резонансной частоты



Эквивалентная схема ЛПД с внешней цепью в режиме релаксационных колебаний.

$L_d C R_d$ -контура и ее приближением к области $f_{пр}$; при этом индуктивность, связанная с лавинным умножением в ЛПД, проявляется как нелинейная $L_d(I_d)$ (I_d — ток через диод), и мы имеем дело по существу с нелинейным контуром.

Список литературы

- [1] Гоплин Б., Макдональд Дж., Уорд А., Стеллато Дж. // Моделирование полупроводниковых приборов и технологических процессов / Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 280 с.
- [2] Филатов М.Ю., Гришенюк И.А., Данюшевский В.З. // Электронная техника. Сер. 1. "Электроника СВЧ". 1989. Т. 40. В. 4. С. 15-19.
- [3] Земляк А.М., Зинченко С.А. // Вестник КПИ. Радиотехника. 1989. Т. 26. В. 26. С. 10-14.
- [4] Лошицкий П.П., Чайка В.Е. // Изв. вузов МВ и ССО СССР. Радиофизика. 1985. Т. 28. В. 7. С. 831-842.

Симферопольский
государственный
университет

Поступило в Редакцию
18 мая 1995 г.

