

09;12

Экспериментальные исследования временных характеристик переключателя топологически модулированных сигналов

© Г.А. Кузаев

Московский государственный институт электроники и математики,
109028 Москва, Россия

(Поступило в Редакцию 5 февраля 1996 г.)

Рассмотрены вопросы экспериментальных исследований временных характеристик переключателей топологически модулированных сигналов. Измерительным макетом служила плата СВЧ резистивного переключателя. Тактовая частота разработанного генератора топологически модулированных импульсов была выбрана так, что отношение длины волны на тактовой частоте к размеру стандартной платы переключателя равнялась 10^4 . На основании практического отсутствия искажений входных импульсов переключаемых схемой и применения метода масштабирования (скейлинга) к экспериментальным результатам сделан вывод о работоспособности переключателя микронных размеров для пикосекундных импульсов, что подтверждает полученные ранее теоретические данные.

Введение

Одной из тенденций микроэлектроники является учет пространственных особенностей полей электромагнитных сигналов в схемах с повышенными тактовыми частотами и высокой плотностью размещения элементов [1–3]. Одним из направлений этого плана является использование импульсной топологической модуляции, предложенной в [4]. Для сигналов данного типа показана возможность их субпикосекундного переключения в разные слои интегральной схемы (ИС), разработаны и экспериментально исследованы макеты переключателей СВЧ диапазона теоретически обоснована реализация квазинейронных операций при суперпозиции пространственно-неоднородных полей [5–7]. В данной работе основное внимание предлагается уделить экспериментальным исследованиям временных характеристик переключателей, рассчитанных ранее только в рамках теоретических моделей [4–7].

Экспериментальный макет переключателя и особенности исследований

Коротко рассмотрим особенности топологически модулированных сигналов и способов их обработки. Цифровая информация содержится в пространственной структуре силовых линий электромагнитного поля — топологической схеме [4,5]. Для дискретной обработки таких сигналов необходимы устройства, нелинейные относительно топологии поля. Из теоретических данных известно, что подобного рода нелинейностью могут обладать и пассивные схемы. Возможность исключения физики полупроводниковых эффектов позволяет реализовать сверхбыстрые операции, например, по пространственному переключению сигналов в объеме ИС. Примеры таких устройств, получивших название топологических ключей или переключателей, приведены

в [5–7], там же приводятся экспериментальные данные по пространственному разделению аналоговых СВЧ сигналов. В данной работе предполагается экспериментально и теоретически исследовать нестационарные процессы переключения. Для этих целей был использован макет резистивного переключателя, ранее экспериментально исследованный в СВЧ диапазоне S (рис. 1) [7]. Он выполнен на поликорковой плате ($\epsilon = 9.6$) толщиной 1 мм и представляет собой восьмиполосник (рис. 1). Связанные полосковые линии передачи (I) шириной 0.77 мм служат входом (1,2), на который поступают четные или нечетные моды, имеющие разные пространственные структуры полей. Расстояние между полосками равно 0.18 мм. Во времени входные сигналы имеют прямоугольную или близкую к ней форму. При поступлении на вход четной моды проводники связанных линий передачи заряжены

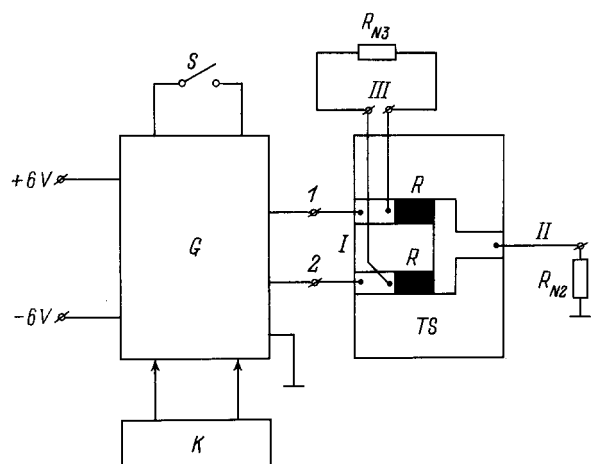


Рис. 1. Структурная схема макета для измерения временных характеристик резистивного переключателя топологически модулированных сигналов. G — генератор, S — переключатель режимов работы генератора сигналов, K — корректирующая цепь, TS — резистивный переключатель топологически модулированных сигналов, R — пленочные резисторы.

одинаково, вследствие чего сигнал поступает только на выход *II*. Нечетная мода, имеющая иную топологию поля, практически целиком отражается от выхода *II* и поступает на выход *III* по полосковой 50-омной линии. Этим осуществляется пространственное переключение сигналов. Пленочные резисторы $R = 50 \Omega$ служат для трансформации короткого замыкания и осуществления возможности снятия напряжения в режиме нечетной волны.

Для проверки работы ключа в нестационарном режиме переключения сигналов был разработан генератор сигналов, позволяющий подавать на вход четные или нечетные моды связанных полосковых линий передачи. Структурная схема такого устройства приведена на рис. 1 и состоит из генератора сигналов *G* на микросхеме КР1533ЛН1, навесных элементов, корректирующей цепи *K*, переключателя режимов работы *S*, платы исследуемой схемы *TS*, высокоомных сопротивлений нагрузок R_{N2}, R_{N3} .

Важным представляется правильный выбор тактовой частоты с учетом размеров ключа, поскольку по экспериментальным исследованиям предполагается сделать вывод о работоспособности такой конструкции, выполненной по технологии сверхбольших интегральных схем (СБИС). Например, отношение характерных размеров элементов СБИС d_e к длине волны λ_T на тактовой частоте f_T ($k_0 = \lambda_T/d_e$) составляет от одного до нескольких порядков [1–3]. Исследуемый же макет переключателя выполнен с помощью гибридной СВЧ технологии с размерами порядка нескольких миллиметров (рис. 1). Расстояние между входом *I* и выходами *II, III* d_e составляет 30 мм. Поэтому для осуществления правильности применения метода масштабирования (или скейлинга) [2] тактовая частота f_T была выбрана такой, что значение $K_0 = 10^4$. Эта величина типична для подавляющего большинства СБИС [1–3]. Применяя принципы современной микроэлектроники, можно утверждать, что в первом приближении переключающие свойства ключа будут инвариантны по отношению к увеличению тактовой частоты вплоть до СВЧ диапазона, если величина K_0 остается неизменной при одновременном уменьшении геометрических размеров переключателя вплоть до микронных размеров.

Результаты экспериментальных исследований

Измерения временных характеристик разработанного макета производились с помощью осциллографа С1-99, имеющего стандартное входное сопротивление 1 МΩ. Погрешность измерений формы сигнала не превышает 5%. При измерении свободный выход схемы также нагружался на эквивалентное сопротивление 1 МΩ.

При генерации периодической последовательности импульсов четной моды практически соблюдался их синхронизм на входе связанных полосковых линий передачи

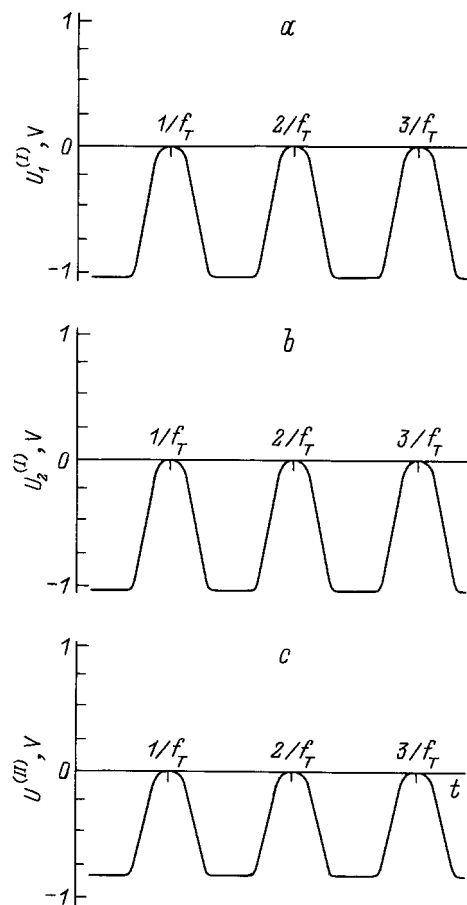


Рис. 2. Временные зависимости сигналов на входе *I* и выходе *II* переключателя топологически модулированных сигналов. *a* — напряжение на входной клемме *I*; *b* — напряжение на входной клемме *2*; *c* — напряжение на выходе переключателя *II*. Отношение длины волны λ_T на тактовой частоте к размерам платы переключателя $\lambda_T/d_e = 10^4$, скважность импульсов 0.33.

(рис. 2, *a, b*) и сигнал, несколько уменьшенный по амплитуде за счет резисторов *R*, поступал на высокоомный вход осциллографа (рис. 2, *c*). При этом на выходе *III* сигнал подавлялся на 30 дВ. Конечная величина подавления обусловлена в первую очередь погрешностью в генерации "синфазных" импульсов одинаковой амплитуды.

Генерация импульсов нечетной моды имела свои особенности, поскольку вследствие работы микросхемы наблюдался некоторый асинхронизм импульсов противоположной полярности. Это приводит к появлению импульса четной моды на выходе *II*, длительность которого примерно равна интервалу асинхронизма. Для устранения погрешности работы микросхемы в этом режиме была разработана корректирующая цепь, параметры которой подбирались экспериментально. Это позволило подавить импульсы малой длительности на выходе *II* на 27 дВ. Большой синхронизм импульсов, формирующих нечетную моду, возможен использованием лучшей интегральной схемы.

Выводы

Рассмотрены вопросы экспериментальных исследований временных характеристик переключателей топологически модулированных сигналов. Измерительным макетом служила плата СВЧ резистивного переключателя. Тактовая частота разработанного генератора топологически модулированных импульсов была выбрана такой, что отношение длины волны на тактовой частоте к размеру стандартной платы переключателя равнялось 10^4 . На основании практического отсутствия искажений входных импульсов переключаемых схемой и применения метода масштабирования (скейлинга) к экспериментальным результатам вывод о работоспособности переключателя микронных размеров для пикосекундных импульсов, что подтверждает полученные ранее теоретические данные [4–7].

Автор выражает благодарность В.А. Горланову за помощь в проведении экспериментов.

Работа частично финансировалась Российским фондом фундаментальных исследований. Грант № 94-0204979-а.

Список литературы

- [1] Ферри Д., Эйкерс Л., Гринич Э. Электроника ультрабольших интегральных схем. М.: Мир, 1991. 327 с.
- [2] Гуляев Ю.В., Сандомирский В.Б., Суханов А.А. // УФН. 1984. Т. 144. № 4. С. 475–495.
- [3] Шагурин А.И., Коробков И.И. // Микроэлектрон. 1994. Т. 23, № 5. С. 76–95.
- [4] Кузаев Г.А. // ЖТФ. 1995. Т. 65. Вып. 8. С. 205–207.
- [5] Кузаев Г.А. // РИЭ. 1995. Т. 40. № 3. С. 431–440.
- [6] Kouzaev G.A. // Proc. Intern. Symposium on Electromagnetic Theory. URSI. St. Petersburg, 1995. P. 584–586.
- [7] Гвоздев В.И., Кузаев Г.А., Назаров И.В. // Микроэлектрон. 1995. Т. 24. № 1. С. 29.