

## СВЕРХБЫСТРОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ СИГНАЛОВ С ДИСКРЕТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Г. А. Кузнецов

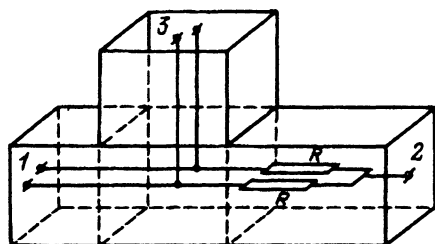
Московский государственный институт электроники и математики,  
109028, Москва, Россия

(Поступило в Редакцию 29 ноября 1994 г.)

Основные показатели устройств обработки информации определяются физикой нелинейных переключательных процессов и технологией производства интегральных схем. Меняя используемые физические эффекты, удастся решить ряд проблем в снижении энергопотребления, в повышении скорости обработки информации [1,2]. Особую ценность при этом приобретают те подходы, которые позволяют достичь лучших характеристик на базе прежних, хорошо освоенных технологий. Один из таких вариантов обработки сигналов заключается в записи цифровой информации в пространственную структуру или топологию электромагнитного поля радио- или видеоимпульсов [2]. Для переключения этих сигналов, согласно топологическому подходу [3,4], необходимы схемы, имеющие нелинейность относительно пространственной структуры поля. Ими могут служить обычные пассивные неполупроводниковые схемы, синтезированные согласно физическим моделям обработки подобного рода сигналов. Эффект переключения сигналов был подтвержден экспериментами на примере СВЧ переключателей [4].

Новые результаты были достигнуты с помощью переключателя, показанного на рис. 1. Входным сигналом является последовательность импульсов четвой (логическая "1") и нечетной (логический "0") волн в связанных полосковых линиях. Эти волны, имея разные топологии электромагнитных полей, эффективно переключаются восьмиполосником, содержащим резисторы  $R$ . Переключатель микронных размеров, выполненный на подложке с  $\epsilon = 3.5$ , работает следующим образом. Входная линия передачи представляет собой связанные симметричные полосковые линии передачи, имеющие в данном случае волновые сопротивления четной и нечетной волн  $z_e = 84 \text{ Ом}$  и  $z_0 = 48 \text{ Ом}$  соответственно при общей толщине подложки 6 мкм. Выходы 2 и 3 нагружены на согласованные сопротивления  $z_2$  и  $z_3$ . Четная волна (логическая "1") через резисторы  $R$  поступает на выход 2. При этом сигнал на выходе 3 равен нулю вследствие эквипотенциальности клемм этого выхода. Часть мощности нечетной моды (логический "0") передается на выход непосредственно, а другая — отразившись от устройства короткого замыкания. С целью снижения длительности переходных процессов длина резистора  $l_R$  должна лежать в микронной или субмикронной области (здесь  $l_R = 4 \text{ мкм}$ ). Для предотвращения паразитных преобразований волн устройство и элементы съема информации должны быть симметричны относительно плоскости, в которой лежит

а



б

$L \backslash \pi$	1	2	3
"0"			
"1"			

Рис. 1. Переключатель сигналов с дискретной модуляцией структуры электромагнитного поля (а) и его таблица истинности (б).

вектор передачи сигнала. Согласно экспериментальным данным, развязка выходов СВЧ переключателя достигает 35–40 дБ.

Рассматриваемый переключатель представляет собой устройство троичной обратимой логики (рис. 1, б). Его скорость срабатывания определяется не инерционными процессами в полупроводнике, а линейными размерами, величинами реактивностей. Тепловые потери не связаны с необходимым отражением сигнала от входа и последующим

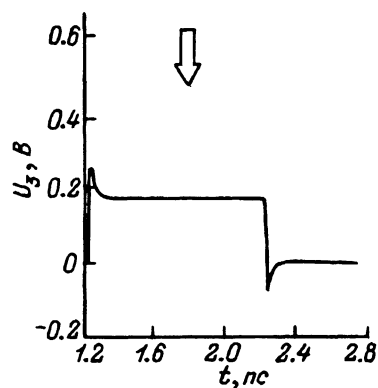
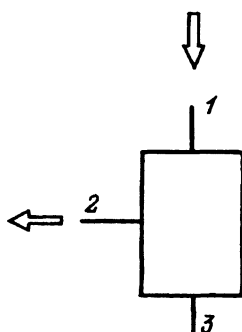
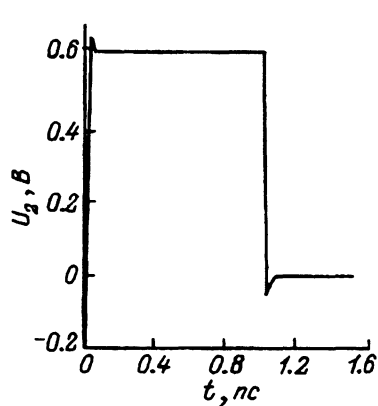


Рис. 2. Переключение прямоугольных импульсов напряжения четной (логическая "1",  $U_2$ ) и нечетной (логический "0",  $U_3$ ) волн длительностью 1 пс, подаваемых поочередно на вход 1.

рассеянием его мощности, как это имеет место в схемах на полевых транзисторах.

Моделирование временных характеристик, проведенное методом Лапласа с использованием квазистатических моделей неоднородностей переключателя, указало на возможность субпикосекундного (0.1–0.3 пс) переключения импульсов со входа 1 на выходы 2 и 3 согласно таблице истинности (рис. 1, б). Ограничения времени переключения связаны с квантовыми эффектами в проводниках, конечной скоростью электромагнитных волн в полосковых линиях передачи и возможностями схем эффективно отводить тепло (рис. 2). Первый эффект играет важную роль во временной области  $\tau_{rel} = 10^{-18}$  с. В полупроводниках  $\tau_{rel} = 10^{-13}$  с. Переключатель топологически модулированных сигналов позволяет обойти это ограничение, характерное для транзисторных вентилях, так как при этом не используются нелинейные пороговые эффекты в полупроводниках.

Потери мощности определяются резисторами  $R = 18$  Ом и составляют менее чем 20 мкВт для входного тока 0.1–1 мА. Имеется возможность снизить потери до минимума, если исключить резисторы из состава ключа. В этом случае потери на переключение примерно равны 0.1 мкВт для алюминиевых проводников, чей объем равен примерно 100 мкм<sup>3</sup>.

В письме рассмотрен новый субпикосекундный переключатель электромагнитных сигналов, чьи структуры полей модулируются дискретно. Пространственное переключение их осуществляется пассивной схемой сравнительно простой конструкции. Данный переключатель микронных размеров имеет преимущество по произведению мощности на время переключения относительно полупроводниковых аналогов, содержащих несколько транзисторов на галлий–арсениде (GaAs) [1,2]. Областью применения нового подхода к обработке полевых сигналов являются сверхскоростные микроволновые схемы и приборы на комбинации полупроводниковых элементов и переключателей топологически модулированных сигналов.

Работа частично финансируется 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] Пикосекундная импульсная техника / Под ред. В.М.Ильющенко. М.: Энергоатомиздат, 1993. 336 с.
- [3] Кузаев Г.А., Назаров И.В. // Матер. конф. "СВЧ техника и спутниковый прием". 1993. Т. 4. С. 443–446.
- [4] Гвоздев В.И., Кузаев Г.А. // Микроэлектроника, 1993. Т. 22. № 3. С. 37–50.