

ЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ С ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

д.т.н. проф. В.М. Свищ, И.Е. Авраменко

Предложен подход к уменьшению предельных размеров элемента и сохранению высокого быстродействия по сравнению с элементами СВЧ - диапазона при использовании оптического диапазона в элементах с топологической импульсной модуляцией.

Повышение производительности вычислительных устройств и систем постоянно стоит в центре внимания исследователей. Наряду со структурными методами решений этой задачи непрерывно ведутся работы по совершенствованию элементной базы на основе полупроводниковой технологии и поиск элементов на других физических принципах.

В [1] анализируется возможность построения логических элементов с использованием топологической импульсной модуляции (ТИМ) в СВЧ диапазоне. В [2] исследованы логические возможности элементов на основе изменения направленности (ИН) светового потока (СП). Оба этих подхода приводят к возможности организации двумерной обработки информации и построения объемных интегральных схем (ОИС) и устройств, отличающихся повышенным быстродействием за счет исключения электрона как носителя информации.

Рассмотрим особенности использования ТИМ в оптическом диапазоне и сравним элементы на топологической импульсной модуляции (ТИМ) и изменении направленности (ИН) в оптическом диапазоне.

Элементы с использованием ТИМ (ЭТИМ) в оптическом диапазоне так же, как и в СВЧ диапазоне [1] состоят из источника светового потока (ИСП) определенной моды, импульсного модулятора моды (ИММ) и топологического ключа (ТК), осуществляющего пространственное разделение сигналов с различной топологией электромагнитного поля СП (рис.1)

В качестве источника СП может использоваться лазер, формирующий СП определенной моды, которая характеризуется некоторой структурой поля в поперечном к оси СП направлении. Поперечные индексы m и n мо-

ды фиксируют соответствующую топологию поля. Полученная на выходе лазера мода СП отличается высокой добротностью Q , которая пропорциональна

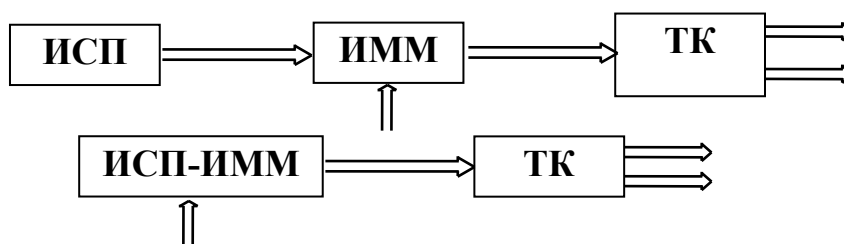


Рисунок 1 - Структура ЭТИМ

частоте излучения ω

$$Q = \omega E / \left(\frac{dE}{dt} \right),$$

где ω - частота излучения;

E - энергия, запасенная в резонаторе;

$\frac{dE}{dt}$ - потеря энергии резонаторов в единицу времени.

ЭТИМ использует пассивный способ обработки информации, поэтому важной задачей является поддержание и восстановление уровней сигналов. Высокая добротность лазерной моды по сравнению с модуляторами ТИМ СВЧ частично решает эту задачу.

Топологический ключ (ТК) представляет собой параллелепипед из оптически прозрачного диэлектрика, одна грань которого полностью покрыта слоем металла, в противоположной ей металлизированной грани прорезана щель, перпендикулярно которой размещены, разнесенные на определенное расстояние, полосковые линии (рис.2). Топологический ключ является пассивной структурой и осуществляет пространственное разделение сигналов. Мода TE_{10} , соответствующая логической «1», проходит на выход «1» ключа. Мода TE_{00} , соответствующая логическому «0» проходит на выход «0» ключа (рис.2).

На рис.3 представлена таблица истинности топологического ключа с геометрическими образами мод.

Возможное быстродействие топологического ключа можно оценить, исходя из формулы для времени установления синусоидального колебания резонатора с внешними нагрузками

$$\tau_p = \frac{4\pi}{w_0 \ln(1 - 2\pi/Q_H)}$$

где w_0 - резонансная частота ключа с замкнутыми входом и выходом;
 Q_H - нагруженная добротность.

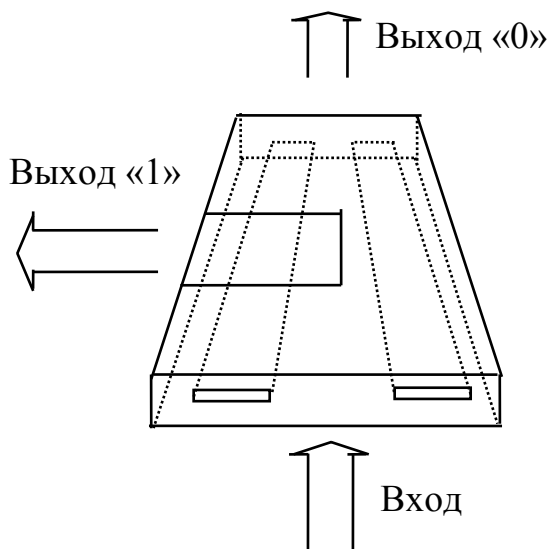


Рисунок 2 - Структура ТК

Вход	Выход «1»	Выход «0»
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">= =</div> <p>TEM₀₀</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">- - - - -</div> <p>—</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">= =</div> <p>TEM₀₀</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">= =</div> <p>TEM₁₀</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">- - - - -</div> <p>TEM₁₀</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">= =</div> <p>—</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">= =</div> <p>—</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">- - - - -</div> <p>—</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">= =</div> <p>—</p>

Рисунок 3 - Таблица истинности ТК

Если $w_0 \approx 10^{14}$ Гц, а величина модуля логарифма в знаменателе около $10^2 + 10^3$ ($Q_n > 2\pi$), то время установления синусоидального колебания составит $\tau_p \approx 10^{-15}$ с.

Время прохождения сигнала на соответствующий выход ключа связано с линейными размерами ключа

$$\tau_p = \frac{\sqrt{\epsilon_1}}{Kc} \Delta l,$$

где c - скорость света;

ϵ_1 - диэлектрическая проницаемость;

K - коэффициент, равный отношению групповой и фазовых скоростей.

Исходя из $\tau_p \approx 10^{-15}$ с и $\epsilon_1 \approx 2 \div 3$, можно оценить предельные размеры ключа $\Delta l \approx 1$ мкм.

ЭТИМ пропускает СП одной моды на один выход, а другой моды на другой выход и, таким образом, осуществляет переключение под воздействием управляющего сигнала, изменяющего моду СП в источнике СП или импульсном модуляторе моды.

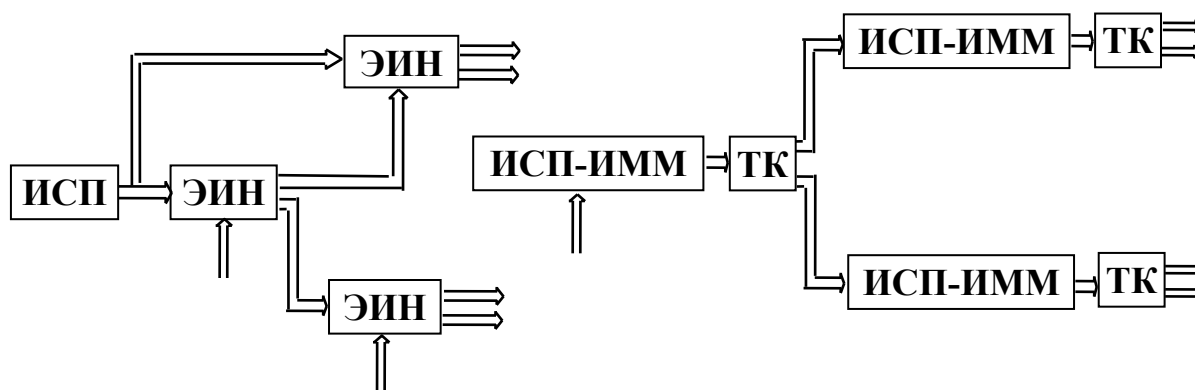


Рисунок 4 - Структура логических элементов

Элемент на основе изменения направленности светового потока (ЭИН) переключает входной СП с одного выхода на другой под воздействием управляющего сигнала [2], изменяющего положение площадки отражения. Поэтому источник СП может использоваться для нескольких ЭИН, в то время как в ЭТИМ источник СП входит практически в каждый элемент (рис.4). Это значительно повышает энергопотребление ЭТИМ. Кроме этого ЭТИМ позволяет производить управление лишь по управляющему входу (рис.4), а ЭИН могут включаться как по управляющему, так и по входам пе-

редачи данных. Это значительно расширяет логические возможности ЭИН и по сравнению с ЭТИМ. Однако характерные размеры ЭИН определяются размерами площадки отражения и они не могут быть меньше $\sim 10\lambda$, что дает оценку $\Delta l \approx 6\div 10$ мкм.

Таким образом, возможно использование оптического диапазона в элементах с топологической импульсной модуляцией. Это приводит к уменьшению предельных размеров элемента и сохранению высокого быстродействия по сравнению с элементами в СВЧ диапазоне. По сравнению с элементами с изменением направленности светового потока, ЭТИМ выигрывает также по предельным размерам, но проигрывает по логическим возможностям и энергопотреблению. Это позволяет использовать ЭИН для повышения быстродействия вычислительных устройств, как на уровне элементов, так и на структурном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гвоздев В.И., Кузаев Г.А., Назаров И.В. Проблемы повышения быстродействия обработки цифровой информации. //Зарубежная радиоэлектроника. - 1996. - №6. - С. 19-30.
 2. Свищ В.М. Вопросы расширения логических возможностей оптоэлектронного элемента. //Информационные системы. Сб. статей. Харьков: АНУ, ПАНИ, 1994. - С. 38-41.
-