Преобразователь длин волн оптических сигналов

Задача преобразования длин волн оптических сигналов часто возникает в системах, использующих технологию WDM (DWDM), например, в связи с необходимостью мультиплексирования сигналов от разных источников, когда эти сигналы несовместимы, так как имеют одинаковую длину волны. Один из способов устранения несовместимости состоит в том, что один из конфликтующих сигналов преобразуется из оптического представления в электрическое и обратно, причём вновь полученный оптический сигнал имеет новую длину волны. Такое решение, однако, относительно сложно и функционально негибко. Рассмотрим более приемлемые варианты.

Первый вариант

Преобразователь длин волн оптических сигналов (Рис. 1, *а*) [1] содержит оптический циркулятор, фильтр F и два каскада преобразования входного сигнала. Первый каскад содержит полупроводниковый оптический усилитель и лазер 1, который излучает непрерывный сигнал с длиной волны λ_{int}. Второй каскад содержит лазер 2, излучающий непрерывный сигнал с длиной волны λ_{out}, и FP-лазер (лазер Фабри-Перо (Fabry-Perot), см. также [2], где рассмотрены его иные применения). Рассмотрим сначала функционирование составных частей преобразователя.

Полупроводниковый усилитель может работать в активном режиме и режиме насыщения.

Активный режим соответствует отсутствию светового потока, направленного из порта 2 оптического циркулятора в сторону полупроводникового усилителя. В этом режиме сигнал λ_{int} с выхода лазера 1 усиливается и передаётся в порт 2 оптического циркулятора.

При наличии света, направленного из порта 2 оптического циркулятора в сторону полупроводникового усилителя, последний переходит в режим насыщения, при котором его коэффициент усиления снижается до уровня, близкого к нулевому, так что сигнал, передаваемый усилителем в сторону порта 2 циркулятора становится пренебрежимо малым.

FP-лазер также может работать в двух режимах.

В отсутствие светового потока, направленного из порта 3 оптического циркулятора в сторону FP-лазера, последний генерирует сигнал, идентичный сигналу от лазера 2 с длиной волны λ_{out}. Этот сигнал передаётся в порт 3 оптического циркулятора. При наличии возбуждающего сигнала, направленного из порта 3 оптического циркулятора в сторону FP-лазера, последний генерирует сигнал, идентичный возбуждающему, и направляет его в порт 3 оптического циркулятора. Длина волны этого сигнала равна λ_{int}.

Узкополосный фильтр F пропускает на выход Out сигнал с длиной волны λ_{out} и не пропускает сигнал с длиной волны λ_{int}.

Рассмотрим функционирование преобразователя в целом.

Входной сигнал в коде NRZ с длиной волны λ_{in} поступает в порт 1 оптического циркулятора и передаётся им в порт 2. Этот сигнал модулирует световой поток с выхода лазера 1. При этом наличию света на входе In соответствует выключенное состояние первого каскада (насыщенное состояние усилителя), и наоборот — при отсутствии света на входе In первый каскад передаёт свет с длиной волны λ_{int} в порт 2 циркулятора (активное состояние усилителя). Таким образом, первый каскад осуществляет преобразование длин волн $\lambda_{in} \rightarrow \lambda_{int}$ и инвертирование входного сигнала.

Преобразованный первым каскадом сигнал передаётся циркулятором из порта 2 в порт 3 и из него поступает во второй каскад. Как было показано, в ответ на состояние этого сигнала (свет есть — света нет) второй каскад излучает сигнал с длиной волны λ_{int} или λ_{out}. Этот сигнал проходит через порты 3 и 4 циркулятора и поступает на вход фильтра F. Фильтр пропускает на выход Out только составляющую сигнала с длиной волны λ_{out}. От-

метим, что второй каскад повторно инвертирует полезный сигнал, так что фазы NRZ-сигналов на входе In и выходе Out совпадают (In: свет есть — Out: свет есть; In: света нет — Out: света нет).

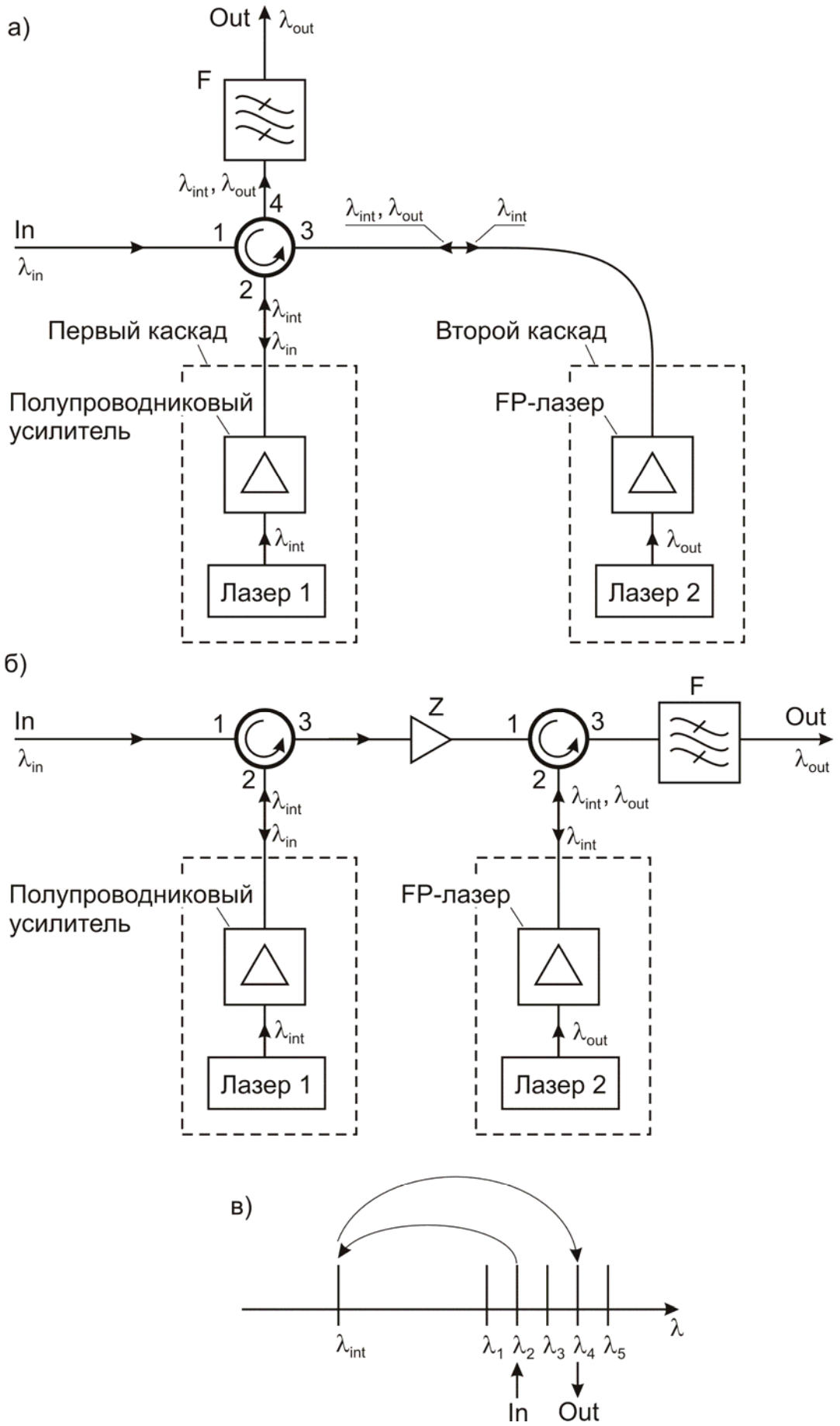

Рис. 1. Преобразователь длин волн оптических сигналов, первый вариант, с использованием: *а* — одного четырёхпортового оптического циркулятора; *б* — двух трёхпортовых оптических циркуляторов; *в* — диаграмма преобразования сигналов

Полезная особенность этого преобразователя состоит в том, что фронты и срезы выходных импульсов имеют малую длительность, так как их формирование связано с регенеративными процессами пуска и останова FP-лазера. Поэтому преобразователь может попутно выполнять функцию ретранслятора сигналов при их передаче на большие расстояния.

В схеме, приведенной на Рис. 1, *б*, вместо одного четырёхпортового оптического усилителя использованы два трёхпортовых, а также введён усилитель Z. Принцип работы этого преобразователя тот же, что и в предыдущей схеме. Входной сигнал сначала преобразуется в промежуточный с длиной волны λ_{int}, а затем в выходной, что в общем виде отражено на диаграмме, показанной на Рис. 1, *в*. Длина волны λ_{int} выбирается по возможности более короткой для усиления степени воздействия на FP-лазер (с уменьшением длины волны энергия фотона увеличивается). Лазер 2 может быть перестраиваемым в некотором диапазоне λ_1 — λ_5. Длина волны входного сигнала может изменяться в достаточно широких пределах.

Второй вариант

Преобразователь, показанный на Рис. 2 [3], содержит оптический усилитель, мультиплексоры 1, 2 и матрицу размерностью 3 × 3, в узлах 1 — 9 которой расположены переключающие элементы. Размерность матрицы, выполненной по интегральной технологии, может быть большей и определяется площадью кристалла и другими факторами. Переключающий элемент показан в нижней части рисунка.

Преобразователь функционирует следующим образом. Три модулированных или не модулированных сигнала на «старых» несущих λ1 — λ3 проходят из оптического волокна через усилитель, мультиплексор MX1 и освещают соответственно левый (узлы 1, 4, 7), средний (узлы 2, 5, 8) и правый (узлы 3, 6, 9) столбцы матрицы. В каждом столбце сигналом Ci = 1 активизирован только один узел, причём такие узлы принадлежат разным строкам матрицы. Предположим, что активизированы узлы 3, 4, и 8, остальные узлы пассивны (Ci = 0), прозрачны и не реагируют на падающий сверху свет.

Напротив, активизированные узлы (Ci = 1) функционируют как ключи (см. нижнюю часть схемы): при наличии падающего сверху светового потока (Fi =1) ключ замкнут, при отсутствии потока — разомкнут. Если ключ замкнут, то сигнал «новой» несущей (λ11 — λ13) распространяется по соответствующему световоду и суммируется с другими сигналами (если они есть) мультиплексором MX2. В результате на выход устройства передаются те же модулированные сигналы, которые поданы на вход, но вместо «старых» несущих использованы «новые», что и требовалось.

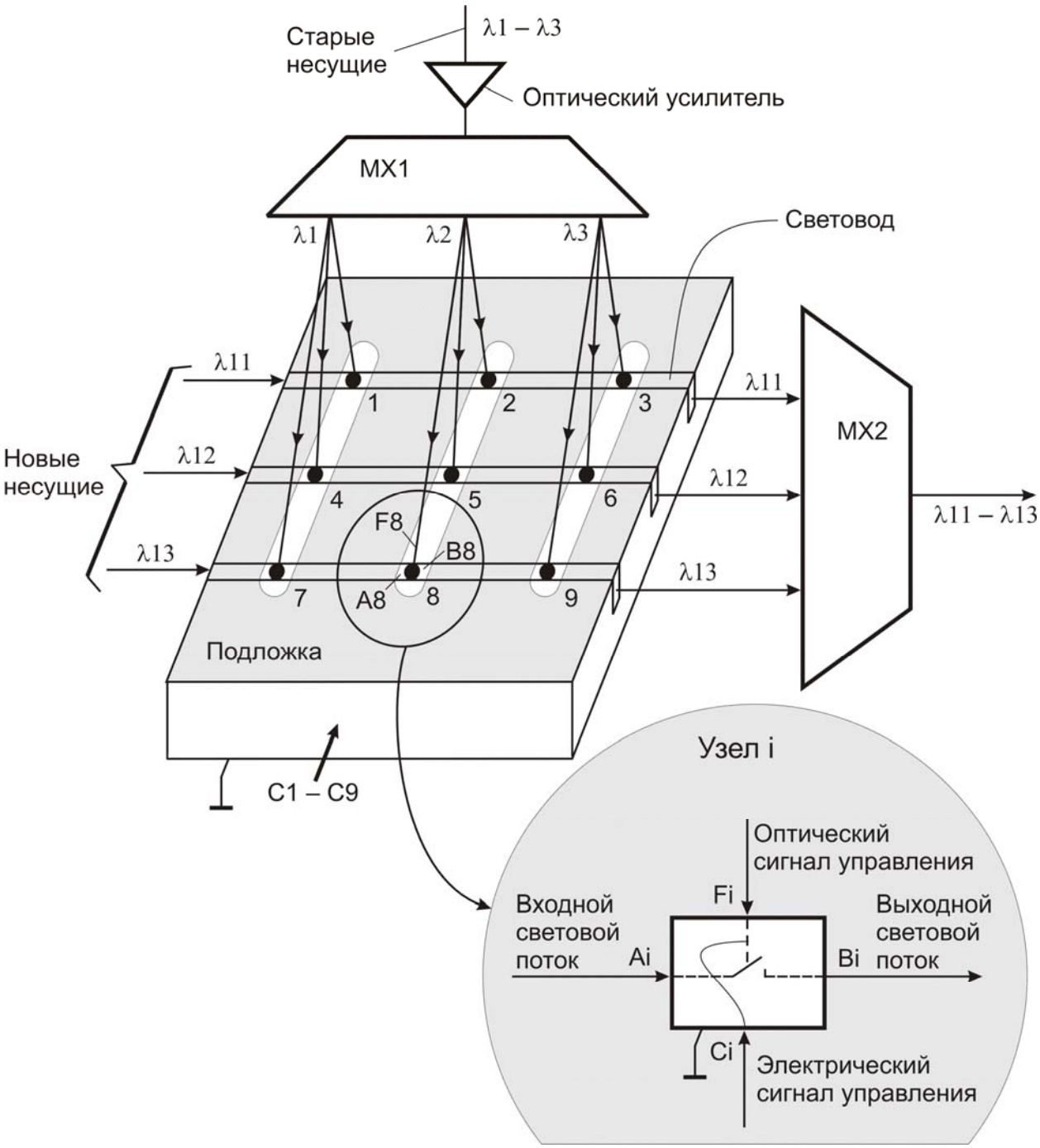

Рис. 2. Преобразователь длин волн оптических сигналов

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пат. США № 6.934.348 B2 http://www.uspto.gov.*
2. *Шевкопляс Б.В. Элементы схемотехники оптоволоконных систем. Инженерные решения. — М.: ИП РадиоСофт, 2011. — 756 с., ил.*
3. *Пат. США № 7.466.914 B2 http://www.uspto.gov.*