Сеть на основе концентратора с оптическим усилителем

В рассмотренной далее сети используется «чисто оптический» концентратор со встроенным усилителем. В нём суммирование входных сигналов, усиление суммарного сигнала и его передача на выходы осуществляются без промежуточного преобразования в электрический сигнал. Рассмотрим составные части такого концентратора и последовательность его изготовления ([1], рис. 1).

На начальном этапе изготовления концентратора (рис. 1, *а*) формируется скрутка из оптических волокон одинакового или разного диаметра. В зоне скрутки с оптических волокон предварительно удаляются защитные слои, так что остаются только их сердцевины. Центральная часть скрутки сплавляется (зона сплавления условно показана над пламенем свечи) и растягивается, в результате пучок из оптических волокон разделяется на две части (рис. 1, *б, в*). В это же время подготавливаются для сплавления концы отрезка оптического кабеля, легированного эрбием — редкоземельным металлом. Этот отрезок показан на рисунке в виде петли.

Далее (рис. 1, *г*) концы петли сплавляются с ранее оплавленными точками объединения пучков оптических волокон.

На заключительном этапе (рис. 1, *д*) часть оптических волокон подключается к отверстиям в крышке корпуса устройства накачки, в нижней части которого расположена матрица из лазерных диодов. После совмещения верхней и нижней частей устройства накачки луч от каждого лазерного диода фокусируется в соответствующем отверстии. Устройство накачки подключается к источнику электропитания лазерных диодов.

С помощью излучения от лазерных диодов осуществляется непрерывная накачка энергии в петлю для перевода внедрённых в неё атомов эрбия в возбуждённые состояния. Под действием фотонов полезного информационного сигнала атомы эрбия возвращаются в невозбуждённое энергетическое состояние, излучая свет той же длины волны, на которой передаётся полезный сигнал.

Неиспользуемые для накачки оптические волокна подключаются к узлам 1 — 3 оптической сети (рис. 2). В данном примере входы активного оптического концентратора расположены слева, а выходы справа. Так как концентратор симметричен, входы и выходы можно поменять местами.

Для накачки энергии в петлю используются достаточно короткие длины волн, лежащие вне рабочего диапазона, который отведён для передачи информационных сигналов. Одновременно работающие лазерные диоды могут использовать разные длины волн. При возбуждении атома эрбия его электрон переходит с энергетического уровня L на уровень M (рис. 3, фаза 1). Далее электрон самопроизвольно переходит на уровень H (фаза 2), при этом не излучаются фотоны, принадлежащие рабочему диапазону волн. Длины волн и используемые материалы таковы, что излучение накачки быстро затухает при прохождении через оптическое волокно, так что это излучение распространяется лишь на незначительные расстояния.

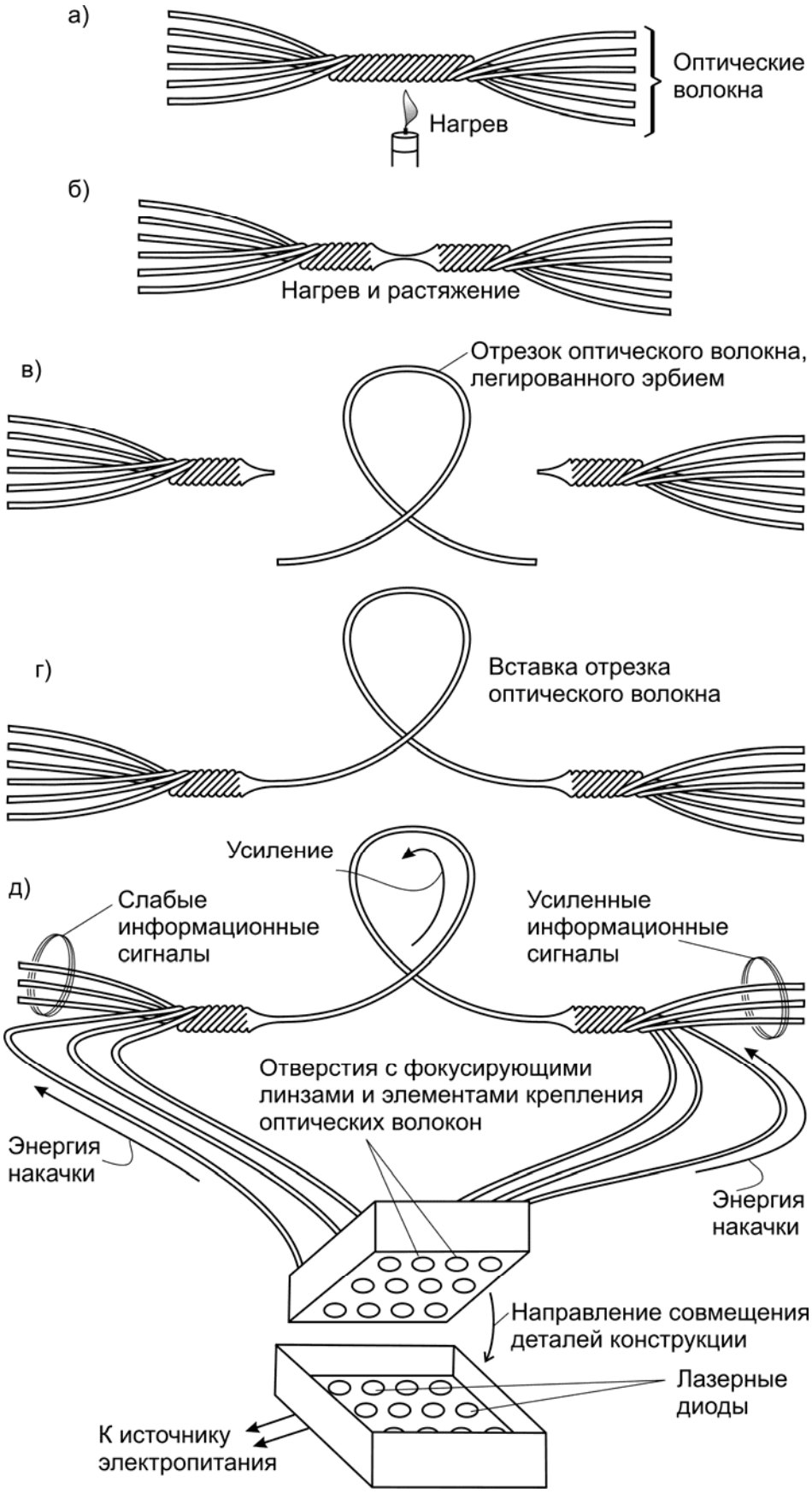

Рис. 1. Последовательность изготовления активного оптического концентратора

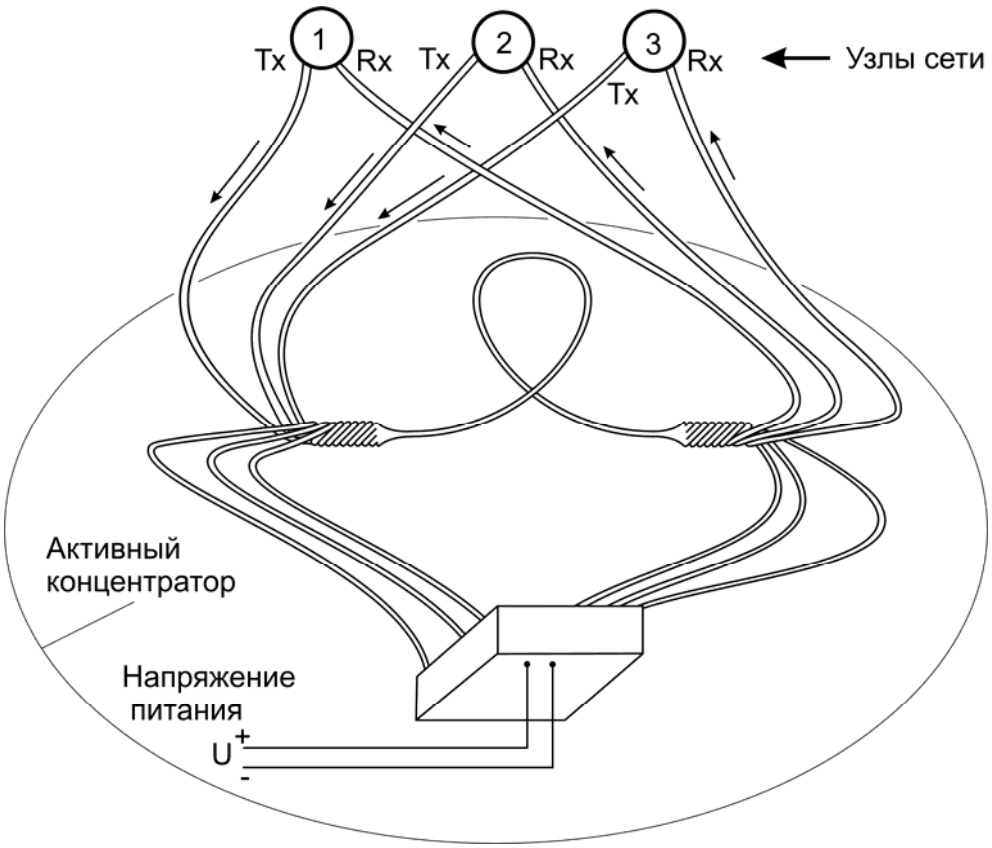

Рис. 2. Сеть на основе активного оптического концентратора

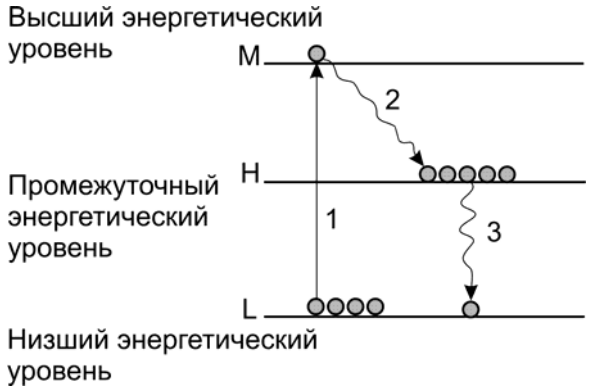

Рис. 3. Диаграмма состояний атомов эрбия

Возбуждённое состояние электрона на уровне H неустойчиво и не может длиться в среднем более 10 мс. В течение этого времени некоторые электроны самопроизвольно переходят на низший энергетический уровень L и излучают в ту или иную сторону кванты света с длиной волны, принадлежащей рабочему диапазону. Это неблагоприятный фактор, который, в основном, определяет уровень собственного шума усилителя.

Другие электроны (а их — большинство) не удерживаются на уровне H и срываются на уровень L под действием квантов света полезных (информационных) сигналов (фаза 3). При этом последние не теряются, а продолжают распространяться в первоначальном направлении. Иными словами, в дополнение к сигнальным фотонам в поток света добав-

ляются те, которые образовались при спровоцированном сигнальными фотонами срыве электронов с уровня H на уровень L. Поэтому происходит усиление полезных световых сигналов. Направления распространения первоначального и усиленного световых потоков совпадают. Полоса пропускания усилителя может соответствовать, например, двадцати независимым каналам связи, в каждом из которых используется своя длина волны.

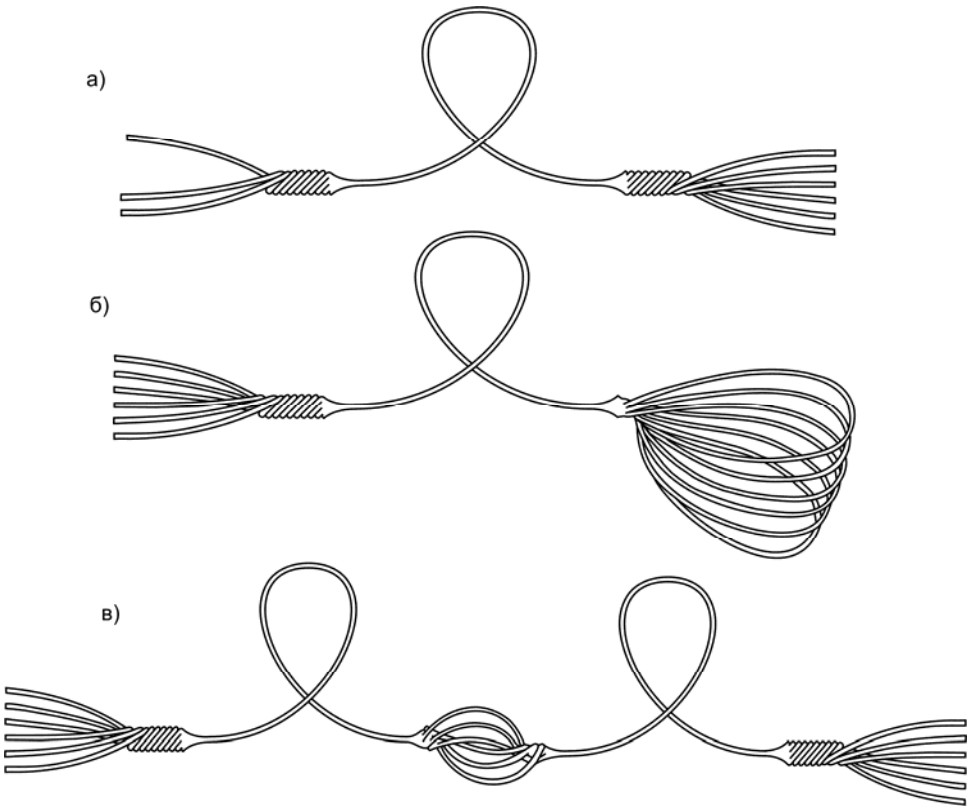

Рис. 4. Возможные варианты построения элементов активных оптических концентраторов

При построении подобных концентраторов можно использовать разные варианты их конфигураций. Так, в схеме, показанной на рис. 4, *а*, число оптических волокон справа и слева неодинаково. В этой и последующих схемах их распределение между информационными и энергетическими (для накачки) каналами произвольно.

В схеме, показанной на рис. 4, *б*, реализован концентратор зеркального типа. Любой приходящий слева информационный или энергетический сигнал попадает в группу петель, расположенных справа, проходит через неё и возвращается обратно, подобно тому, как если бы он отразился от зеркала. Энергия отражённого сигнала равномерно распределяется между всеми оптическими волокнами, расположенными слева. Сеть на основе зеркального концентратора рассмотрена в [2].

В схеме, показанной на рис. 4, *в*, две петли усиления сигналов соединены последовательно группой обычных оптических волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. США № 5.077.817 http://www.uspto.gov.

2. Шевкопляс Б.В. Элементы схемотехники оптоволоконных систем. Инженерные решения. — М.: ИП РадиоСофт, 2011. — 756 с., ил.