

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ В ОПТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Ирха В.И., Викулин И.М., Макаренко Г.В.

Аннотация. В работе обобщаются экспериментальные и теоретические результаты с целью рассмотрения возможностей применения полупроводниковых квантовых усилителей (ПКУ) в оптических информационных системах (ОИС) в качестве ретрансляционных устройств.

APPLICATION OF SEMICONDUCTOR QUANTUM AMPLIFIERS IN OPTICAL INTELLIGENCE SYSTEMS

V.I. Ircha, I.M. Vikulin, G.V. Makarenko

Abstract. In operation the experimental and theoretical results are extended with the purpose of viewing feasibilities of semiconductor quantum amplifiers (SQA) in optical intelligence systems (OIS) as relay devices.

В информационных системах для обработки и передачи сигналов используются различные виды модуляции несущих радиочастотных или оптических электромагнитных колебаний. Наиболее употребительными в настоящее время являются амплитудная модуляция (АМ), частотная модуляция (ЧМ), и импульсно-кодовая модуляция (ИКМ). Усиление электромагнитных колебаний оптического диапазона с помощью ПКУ имеет свои особенности для каждого вида модуляции. Ниже приводится рассмотрение каждой из них.

1. **Амплитудная модуляция.** Для нормального функционирования большинства устройств передачи и обработки информации, использующих АМ, требуется соблюдение условия линейной зависимости выходного сигнала усилителя от входного при значительных изменениях последнего. Из этого условия непосредственно следует необходимость применения узкополосных фильтров на выходе ПКУ. При этом верхняя граница частот модуляции лимитируется спектральной шириной полосы пропускания применяемого фильтрующего элемента. Динамический диапазон входных сигналов также зависит от ширины полосы пропускания фильтра и тем больше, чем она меньше, т. к. в линейном режиме состояние усилителя не зависит от величины входного сигнала, возможно применение ПКУ в системах с частотным уплотнением каналов при том условии, что частоты всех каналов лежат вблизи максимума коэффициента усиления ПКУ. Однако, следует отметить, что динамический диапазон изменения входного сигнала в каждом канале при условии их независимости уменьшается в N раз (где N - количество каналов). Действительно, если по всем частотным каналам на вход усилителя поступают сигналы максимальной мощности (ситуация вполне вероятная при независимых каналах), то суммарная мощность входных сигналов не должна выводить усилитель из линейного режима.

Необходимость обеспечения линейного режима работы ПКУ накладывает жесткие требования на стабильность передаточных характеристик активных и

пассивных элементов ОИС, что существенно ограничивает возможность применения ПКУ в информационных системах с АМ.

2. Частотная модуляция. Усиление оптических, частотно-модулированных сигналов не требует, в принципе, обеспечения линейного режима работы ПКУ, что позволяет использовать усилитель в режиме насыщения по входному сигналу. В этом случае выходной сигнал будет превышать мощность интегрального по спектру спонтанного фона усилителя, что позволяет обойтись без узкополосного фильтра на выходе усилителя, сильно усложняющего конструкцию последнего. Формирование частотно-модулированного сигнала со стандартной амплитудой и выделение полезного сигнала на фоне помехи может быть осуществлено с помощью порогового многокомпонентного усилителя.

Для более полного использования полосы усиления ПКУ можно, также, как и в случае АМ, использовать усилитель для одновременного усиления нескольких ЧМ сигналов, несущие частоты которых находятся вблизи максимума коэффициента усиления ПКУ. Минимально возможная мощность в каждом частотном канале определяется требованиями на соотношение сигнал/фон в частотной полосе сигнала, а число каналов ограничено максимальной входной мощностью, при которой коэффициент усиления падает до минимально возможного в данной системе значения. При этом должно выполняться условие надежного спектрального разделения соседних частотных каналов.

Как уже отмечалось, ОИС, использующие частотную модуляцию, обладают рядом преимуществ по сравнению с системами, использующими АМ. Однако отсутствие в настоящее время эффективных, малоинерционных систем ЧМ излучения полупроводниковых лазеров ставит под сомнение возможность разработки ОИС с ЧМ в ближайшем будущем.

3. Импульсно-кодовая модуляция. Благодаря высокой помехозащищенности системы с ИКМ получили в настоящее время широкое распространение. Одним из основных параметров, характеризующих ОИС, является ее быстродействие, которое в случае ИКМ определяется минимальной длительностью переднего и заднего фронта оптического импульса, передаваемого оптической системой без искажений. Рассмотрим ограничения на быстродействие ОИС, в которой в качестве ретрансляторов используются ПКУ.

В линейном режиме быстродействие ПКУ определяется минимальной длительностью фронта оптического сигнала, передаваемого усилителем без искажений, ограничено спектральной шириной оптического фильтра на выходе ПКУ и может достигать весьма больших значений. Например, при спектральной ширине оптического фильтра 0,1 нм полоса пропускания ПКУ составляет величину около 40 ГГц.

В режиме насыщения характеристики усилителя меняются под действием входных импульсов. Восстановление параметров усилителя происходит с

временами порядка $\tau_{сп}$ и, таким образом, полоса пропускания усилителя в этом случае ограничена величиной около 200 МГц.

Для устранения ограничений на полосу пропускания усилителя, связанных с временем рефрактерности, можно предложить использовать в ОИС специфический многочастотный параллельный код, особенностью которого является постоянство суммарной по всем каналам мощности на входе ПКУ. Такой код можно назвать изоэнергетическим. При этом в силу постоянства входной мощности характеристики усилителя не меняются во времени и полоса пропускания ПКУ определяется как и в линейном режиме только шириной спектральной полосы оптического фильтра. Необходимо отметить, что хотя в режиме насыщения коэффициент усиления несколько меньше, чем в линейном режиме, применение такого режима в ряде случаев может оказаться целесообразным, т. к. при этом мощность сигнала на выходе усилителя превосходит интегральную по спектру мощность спонтанного фона, что позволяет исключить из оптической схемы узкополосный оптический фильтр, что упрощает конструкцию усилителя.

При использовании изоэнергетического кода существует возможность восстановления коэффициента усиления ПКУ, находящегося в режиме насыщения, до значения, соответствующего линейному режиму. Для этого необходимо увеличить ток инжекции усилителя; самовозбуждение генератора при этом будет предотвращено наличием мощного входного сигнала.

Общее число частотных каналов N , которое может быть использовано в системах с изоэнергетическим кодом, определяется с одной стороны требованием их надежного спектрального разрешения, а с другой стороны - расположением всего набора частот внутри достаточно узкого интервала, в пределах которого коэффициент оптического усиления может считаться постоянным. Отметим, что в отличие от традиционного частотного уплотнения при использовании изоэнергетического кода каналы оказываются зависимыми. Если в каждый временной дискрет на вход усилителя поступает сигнал по M частотным каналам ($M < N$), то число возможных кодовых комбинаций равно C_N^M , а не 2, как в случае независимых каналов.

Таким образом, ПКУ могут быть применены в качестве ретрансляторов в быстродействующих ОИС с амплитудной, частотной и импульсно-кодовой модуляцией. В некоторых случаях целесообразно применение многочастотного параллельного изоэнергетического кода. Но вопрос применения того или иного вида модуляции должен решаться для каждой конкретной ОИС отдельно.

В заключение необходимо подчеркнуть, что с практической точки зрения большой интерес представляют ПКУ на основе полупроводниковых гетероструктур, допускающие работу при комнатной температуре. Создание надежных полосковых и канальных полупроводниковых лазеров, работающих в непрерывном и одномодовом режимах, дает возможность изготавливать высокоэффективные гетеро - ПКУ.