

УДК 535.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОДИННОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

© 2013 г. Ю. И. Алексеев, М. В. Орда-Жигулина, А. В. Демьяненко, Ле Тхай Шон

Южный федеральный университет

Россия, 344006, Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42

Поступила в редакцию 27.02.2013 г.

Представлена схема автодинного детектирования амплитудно-модулированных оптических сигналов. Приведены результаты экспериментального исследования коэффициента передачи системы по мощности.

DOI: 10.7868/S0032816213060153

В настоящее время существует два типа приемников когерентного светового излучения. Приемники первого типа основаны на принципе фотодетектирования, т.е. прямого преобразования светового сигнала в электрический (обычные фотодиоды и фотосопротивления). В основе приемников второго типа лежит принцип оптического гетеродинамирования [1].

Фотодиоды являются частотно-зависимыми элементами, и в настоящее время они разработаны для ограниченных участков частотного спектра, в частности до сих пор еще нет фотодиодов для значительной части с.в.ч.-диапазона. Гетеродинный и, в частности, автодинный способы детектирования частотного ограничения не имеют.

В данной статье исследована схема автодинного детектирования, в которой инжекционный полупроводниковый лазер ИПЛ является гетеродинным приемником.

В предлагаемой схеме (рис. 1) ИПЛ₁ и модулирующий с.в.ч.-генератор формируют оптическое амплитудно-модулированное излучение. Для этого через *p-n*-переход ИПЛ₁ пропускают модулированный ток накачки, плотность которого описывается функцией $j_1(t) = J_1[1 + m \cos(2\pi f_{\text{свч}}t)]$, где m – коэффициент модуляции; $f_{\text{свч}}$ – частота с.в.ч.-сигнала. Модулированное излучение от ИПЛ₁ попадает на

p-n-переход ИПЛ₂ и меняет излучательные характеристики последнего по закону изменения мощности излучения ИПЛ₁. При этом ток, инжектируемый через активную область ИПЛ₂, модулируется, что и является результатом детектирования.

На рис. 2 приведены зависимости коэффициента передачи системы от токов накачки I_1 ИПЛ₁ и I_2 ИПЛ₂. Из рис. 2а следует, что при увеличении тока накачки ИПЛ₁ от 20 до 32 мА коэффициент передачи системы незначительно уменьшается (на 6–7 дБ), тогда как для приемного лазера (ИПЛ₂) наблюдается обратный эффект (рис. 2б). Это объясняется расстройкой лазеров по спектрам излучений, что снижает эффективность работы всей системы.

Известно, что повышение тока накачки приводит к смещению спектра излучения лазера в сторону повышения частоты оптического излучения [2, 3]. Для исследуемой системы коэффициент согласования уменьшается при увеличении тока накачки ИПЛ₁, но повышается с увеличением тока накачки ИПЛ₂, поскольку этот коэффициент обратно пропорционален разности между центральными длинами волн, излучаемых лазерами.

В исследуемой системе в качестве ИПЛ были применены передающие оптические модули типа ДМПО131-21. Длина волны ИПЛ₁ составляла

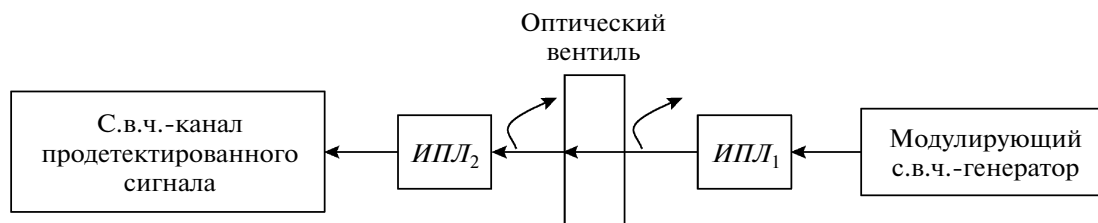


Рис. 1. Структурная схема экспериментальной установки для исследования автодинного способа детектирования амплитудно-модулированных оптических сигналов.

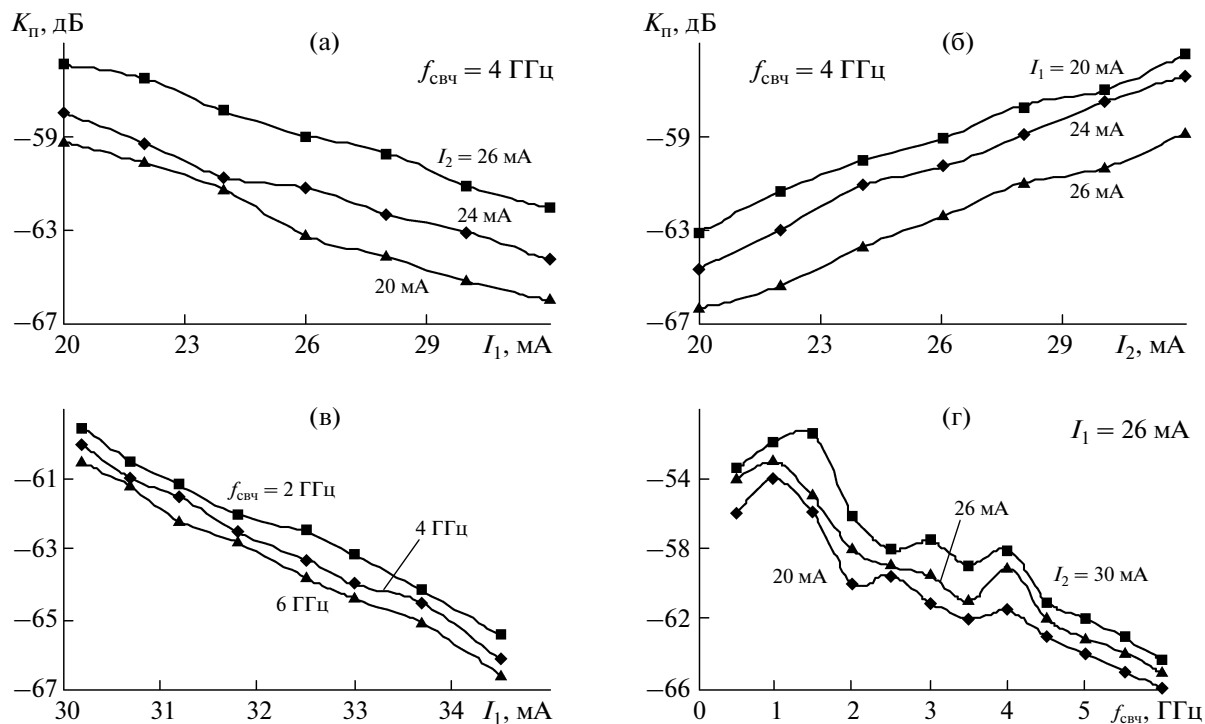


Рис. 2. Зависимости коэффициента передачи системы от токов накачки: **а** – I_1 ИППЛ₁ при различных значениях тока I_2 (цифры у кривых); **б** – I_2 ИППЛ₂ при различных значениях тока I_1 (цифры у кривых); **в** – I_1 ИППЛ₁ при различных значениях частоты сигнала модуляции $f_{свч}$ ИППЛ₂ (цифры у кривых); **г** – амплитудно-частотная характеристика системы при различных токах накачки I_2 ИППЛ₂ (цифры у кривых).

1.309 мкм, а ИППЛ₂ – 1.278 мкм, расстояние между центральными спектральными составляющими лазеров равно ~31 нм. Основной экспериментальной характеристикой системы является коэффициент передачи по мощности (результат детектирования), зависимость которого от частоты была измерена с помощью векторного анализатора R&S®ZVB20.

Исходя из вышесказанного при технической реализации схемы автодинного детектирования следует устанавливать допустимое спектральное рассогласование при заданной чувствительности. Для подтверждения этого замечания на рис. 2в приведена зависимость коэффициента передачи от расстояния между центральными длинами волн лазеров $\Delta\lambda$. Из рисунка следует, что коэффициент передачи системы уменьшается на 6 дБ при изменении $\Delta\lambda$ от 30.2 до 34.5 нм.

Следует заметить, что увеличение тока накачки приводит к повышению оптического усиления [2, 3]. Это объясняет удовлетворительный результат, полученный в работе.

На рис. 2г представлена амплитудно-частотная характеристика детектирования исследуемой системы при различных токах накачки ИППЛ₂. Полученная характеристика имеет резонансный характер. Наибольший коэффициент передачи системы наблюдается на частоте 1.8 ГГц (при $I_1 = 26$ мА, $I_2 = 20$ мА), поэтому можно утверждать, что квазирезонансные

частоты лазеров находятся вблизи этой частоты. Резонансная частота зависит не только от электрофизических параметров лазера, но также и от тока накачки, что хорошо подтверждается данными рис. 2г.

Наконец, согласно рис. 2г, частота модулирующего с.в.ч.-сигнала существенно влияет на коэффициент передачи системы, что также объясняется упомянутыми выше резонансными свойствами. В диапазоне частот до 6 ГГц изменение коэффициента передачи составляет 10 дБ.

Таким образом, возможность гетеродинного детектирования оптических амплитудно-модулированных с.в.ч.-колебаний экспериментально подтверждена. Реализована выходная мощность продукта детектирования, равная 10 нВт. Имеется резерв для ее повышения. Полученные результаты показывают, что данная система не имеет частотного ограничения и может быть применена для тех участков с.в.ч.-диапазона, для которых еще не разработаны фотодиоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Росс М. Лазерные приемники. М.: Мир, 1969.
2. Полупроводниковые инжекционные лазеры. Динамика модуляции и спектры / Под ред. У. Тсанга. М.: Радио и связь, 1990.
3. Гауэр Дж. Оптические системы связи. М.: Радио и связь, 1989.