

*Любич И.В., Мельков С.М.,
(ГМЦ «Орион» ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ФОТОПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ НАКАЧКИ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕДАТЧИКОВ ЛАЗЕРНЫХ ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Наведені результати досліджень і розробки приймального оптичного пристрою для реєстрації люмінесценції в активних елементах лазерів на рубіні і гранаті у видимому та інфрачервоному діапазонах. Пристрій дозволяє підвищити оперативність визначення вихідної енергії лазерів при виборі оптимальних режимів накачування і поширює можливості стандартних спектральних приладів.

Ключові слова: *лазер, вихідна енергія, люмінесценція, приймальний пристрій, фотодіод, підсилювач.*

Приведены результаты исследований и разработки приемного оптического устройства для регистрации люминесценции в активных элементах лазеров на рубине и гранате в видимом и инфракрасном диапазонах. Устройство позволяет повысить оперативность определения выходной энергии лазеров при выборе оптимальных режимов накачки и расширяет возможности стандартных спектральных приборов.

Ключевые слова: *лазер, выходная энергия, люминесценция, приемное устройство, фотодиод, усилитель.*

Лазерно-локационные системы (ЛЛС) широко используются в спутниковой геодезии и космической навигации для определения координат космических объектов (КО) с точностью в единицы сантиметров при дальностях в единицы - десятки тысяч километров.

Параметры передающего устройства ЛЛС сильно влияют на предельную дальность действия станции и точность определения координат КО [1]. В передающих устройствах импульсных некогерентных ЛЛС в основном используются твердотельные лазеры на трех и четырехуровневых активных средах.

КПД генераторов и усилителей с ламповой накачкой на упомянутых активных средах не превышает, в лучшем случае, (1...3) %, если рассчитывать его как отношение выходной энергии к энергии, поступающей в лампы накачки [2]. Этот КПД сильно зависит от режима накачки, и вычисление его требует определения выходной энергии лазера.

Энергия, поступающая в лампы накачки, определяется элементарно по формуле:

$$E_{\text{лн}} = U^2 C / 2, \quad (1)$$

где U – напряжение заряда накопителя энергии, подключенного к лампе;

C – емкость накопителя.

Обычно применяемые калориметрические методы измерения выходной энергии лазера весьма инерционны и требуют восстановления исходного состояния калориметра в течение десятков секунд, что затрудняет выполнение экспериментальных работ.

При экспериментальном выборе оптимальных режимов накачки можно регистрировать максимально достигаемое значение люминесценции активной среды на длине волны выходного излучения лазера для каждого режима накачки вместо измерений его выходной энергии. Эти две величины взаимосвязаны [3]. Предложенная процедура гораздо оперативнее, чем измерение выходной энергии с использованием калориметров. Для спектральной селекции излучения люминесценции целесообразно использовать монохроматоры, которые просты и надежны по сравнению с другими спектральными приборами. Однако фотоприемники монохроматоров – фотоэлементы и фотоумножители – на длине волны люминесценции (1,06 мкм) лазеров на гранате имеют практически нулевую чувствительность из-за малой энергии $h\nu$ кванта света на данной длине волны. Поэтому для регистрации излучения люминесценции лазеров на гранате целесообразно применение полупроводниковых фотоприемников, например, фотодиодов ФД11К, которые имеют приемлемую площадь чувствительной поверхности (2,5 x 2,5 мм²) и широкий спектральный диапазон (0,5 ... 1,15 мкм) регистрируемого излучения. Однако чувствительность полупроводниковых фотоприемников гораздо ниже вакуумных с напряжением питания в сотни вольт – единицы киловольт, поэтому полупроводниковые фотоприемники требуют применения усилителей импульсных сигналов.

Нами было разработано фотоприемное устройство на базе фотодиода ФД11К, принципиальная схема которого показана на рисунке 1.

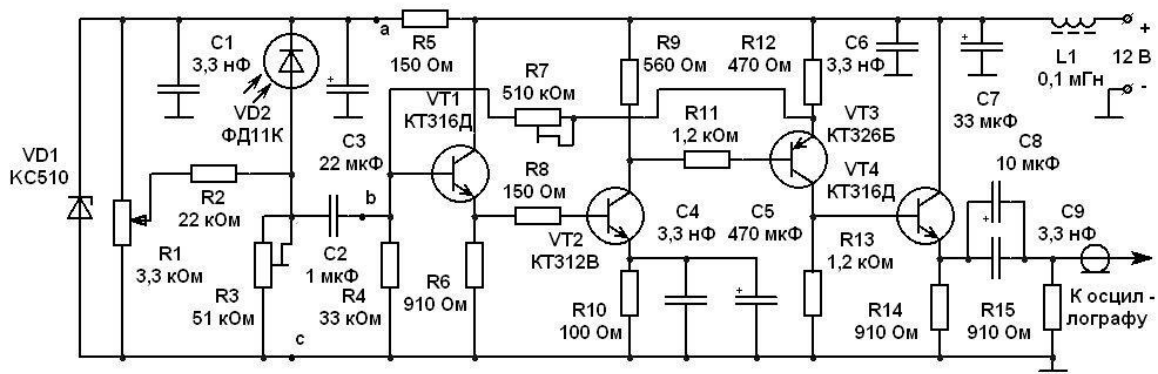


Рисунок 1 – Принципиальная схема фотоприемного устройства на базе фотодиода ФД11К

Фотоприемное устройство состоит из узла фотодиода – VD1, VD2, R1, R2, R3, C1, C2, C3 и усилителя на транзисторах VT1 – VT4. Вход усилителя (точка «b») развязан по постоянному току с узлом фотодиода при помощи конденсатора C2. Это предотвращает нарушение режимов работы по постоянному току активных элементов усилителя при фоновой засветке фотодиода VD2. Первый каскад усилителя выполнен по схеме с общим коллектором. Он обладает сравнительно высоким входным сопротивлением и минимально шунтирует узел фотодиода для повышения уровня выходного сигнала этого узла. Следующие два каскада усилителя выполнены по схеме с общим эмиттером. Они определяют коэффициент усиления, зависящий также от глубины отрицательной обратной связи с эмиттера VT3 на базу VT1 через резистор R7. Отрицательная обратная связь определяет режимы работы транзисторов по постоянному току и стабилизирует их при колебаниях температуры. Последний каскад выполнен по схеме с общим коллектором для повышения нагрузочной способности устройства и для обеспечения возможности его работы на согласованный на конце кабель с волновым сопротивлением не менее 50 Ом.

Усилитель имеет следующие характеристики:

- максимальный коэффициент усиления при оптимальной глубине обратной связи по стабилизации режимов работы транзисторов – 100;
- диапазон амплитуд входных сигналов – 1 мВ ... 70 мВ;
- диапазон длительностей входных импульсов с длительностями фронтов не более 0,2 мкс – 2 мкс ... 2 мс;
- рабочий диапазон температур – от +5⁰ С до +40⁰ С.

Фотодиодный узел питается от параметрического стабилизатора на диоде VD1 и резисторе R5. В данной схеме возможны изменения величины смещения на фотодиоде VD2 при помощи резистора R1 и величины его нагрузки при помощи резистора R3. Однако практика показала, что чувствительность устройства к свету максимальна при максима-

льном напряжении смещения на фотодиоде и максимальном сопротивлении нагрузки. Поэтому можно использовать упрощенный вариант выполнения фотодиодного узла, принципиальная схема которого показана на рисунке 2. Сопротивление нагрузки R1 выбрано несколько меньше входного сопротивления усилителя для его согласования с узлом фотодиода.

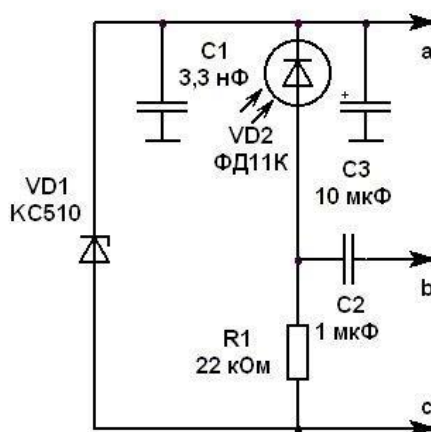


Рисунок 2 – Упрощенная принципиальная схема фотодиодного узла

Разработанное фотоприемное устройство имеет характеристики, позволяющие использовать его при выборе оптимальных режимов накачки твердотельных лазеров путем регистрации излучения люминесценции осциллографом, что значительно повышает оперативность выбора этих режимов при выполнении экспериментальных работ. Испытания фотоприемного устройства совместно с монохроматором УМ-2 показали, что его чувствительности достаточно с запасом для регистрации люминесценции в активных элементах лазеров на рубине и гранате с минимальной длиной 40 мм и минимальным диаметром 3 мм. Активные элементы, применяемые в передающих устройствах ЛЛС, имеют значительно большие габариты, что обуславливает больший уровень сигналов, поступающих на фотоприемное устройство и снижает требования по чувствительности. В части развития данного направления можно предложить повышение чувствительности предложенного фотоприемного устройства путем последовательного соединения двух усилителей при выполнении физических экспериментов. Ограничением по чувствительности в этом случае может быть допустимый уровень шумов. Для снятия этого ограничения необходимо применение малошумящих транзисторов и тщательное экранирование электронных узлов.

Библиографический список

1 Денищик Ю. С., Дрюченко А. М., Нагай (Любич) И. В. Лазерная локация спутников // Вісник астрономічної школи. – К.: Видавництво національного авіаційного університету. – 2002. – Т. 3, № 2. – С. 58-69.

2 Методы расчета оптических квантовых генераторов/ Под ред. Б. И. Степанова. – Минск. «Наука и Техника», 1966. – Т.1. – 476 с.

3 Яковлев С. А., Невяжевская И. Я. Люминесцентный фотометр как устройство для оценки эффективности источников накачки лазеров // Журнал прикладной спектроскопии. – 1994. – Т. 40, вып. 3. – с. 513-517.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Денищиком Ю.С.