

Научно-исследовательская работа

Физика

**МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ**

*Выполнили:*

***Буриев Артур Русланович***

*Учащийся 11 «А» класса*

*МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева г.о. Бронницы*

***Кривоногова Дарья Алексеевна***

*Учащаяся 11 «А» класса*

*МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева г.о. Бронницы*

*Руководитель:*

***Ашурбеков Сефер Ашурбекович***

*кандидат технических наук, доцент, педагог доп. образования*

*МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева г.о. Бронницы*

Бронницы

2022

## Вступление

Цель работы:

- а) ознакомление с конструкцией и элементами исследуемого лазера на ванадате;
- б) получение представлений о методах и экспериментальной технике измерения расходимости лазерного излучения, диаметра пучка и его эллиптичности;
- в) привитие практических навыков оценки геометрических параметров лазерного пучка.

## Основная часть

По мере отдаления от лазерного источника поперечный размер сечения лазерного пучка изменяется, как правило, увеличивается. Одним из уникальных свойств лазера является возможность создания световых пучков с высокой направленностью или, как чаще принято говорить, с малой угловой расходимостью. Благодаря этому свойству возможна передача энергии (мощности) излучения на большие расстояния и достижения высокой степени освещённости объекта путём фокусировки света в пятно, соизмеримое с длиной волны. Среди факторов, способных оказать влияние на угловую расходимость, следует выделить:

- конфигурацию зеркал резонатора;
- количество генерируемых мод;
- оптические неоднородности, существующие в оптических элементах резонатора.

На практике используют два определения угла расходимости. В первом случае имеют в виду угловую расходимость, т.е. плоский или телесный угол, определяющий ширину диаграммы направленности в дальней зоне по заданному уровню углового распределения энергии (мощности), отнесенного к

её максимальному назначению. Чаще всего значение какого уровня принимается равным  $0,5$  или, где  $e$  - основание натурального логарифма. Сказанное однозначно характеризует излучение только одномодового лазера. В случае многомодового режима диаграмма излучения имеет боковые "лепестки", содержащие значительную часть энергии (мощности). Поэтому наиболее показательной является энергетическая расходимость лазерного излучения, т. е. Плоский или "телесный" угол, внутри которого распространяется значимая доля энергии или мощности излучения. Лазерное излучение также характеризуются значением диаметра пучка, т. е. Размером поперечного сечения пучка лазерного излучения, внутри которого размещена заданная доля энергии (мощности). Иногда под диаметром пучка понимается расстояние между двумя точками, в которых амплитуда или интенсивность поля уменьшается в некоторое число раз по сравнению с максимальным значением. В лабораторной работе для измерения расходимости используется "метод фокального пятна". Условия дифракции Ораунгофера логично получить в фокальной плоскости положительной линзы.

Для перехода к угловой величине необходимо линейное распределение в фокальной плоскости, разделить фокусное расстояние линзы:

Для повышения точности необходимо использовать длиннофокусную линзу с амплитудой, превышающей примерно в 2 раза диаметр подающего пучка. Это позволяет исключить влияние дифракции на краях линзы. Описание экспериментальной установки. В лабораторной работе исследуются оптические геометрические характеристики двух лазеров, изготовленных в лазерной лаборатории. Один из лазеров - инфракрасной, на основной гармонике  $1064$  нм с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом (Рис. 1)

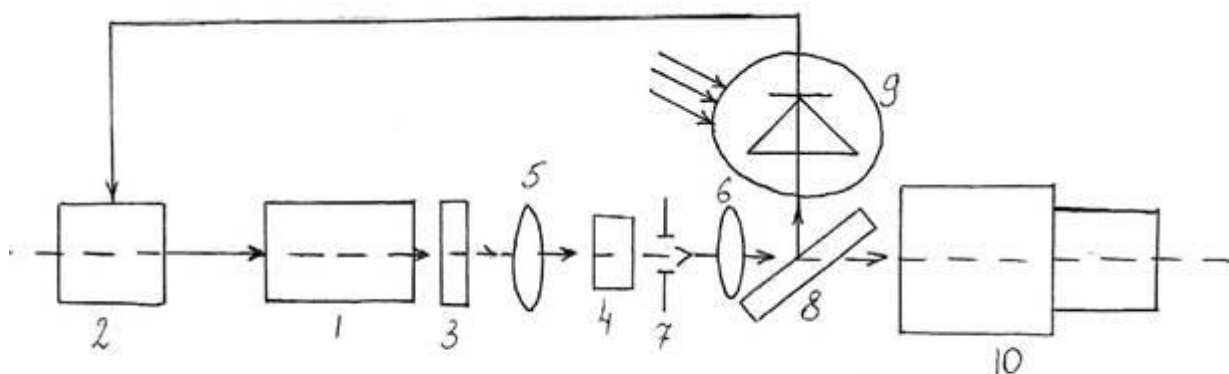


Рис. 1. Функциональная схема ИК - лазера на гранате с накачкой одним лазерным диодом мощностью 50 мВт.

- 1. - лазерной диод накачки;
- 2. - стабилизированный блок питания 5V;
- 3 - объектив;
- 4 - кристалл ИАГ;
- 5 - входное и выходное зеркала резонатора для линии 1064 нм;
- 6 - диафрагма;
- 7 - полупрозрачная пластина;
- 8 - фотодиод;
- 9 - двухкомпонентный телескоп.

Излучение лазерного диода с номинальной выходной мощностью 1 Вт (700-800 нм) с помощью объектива (5) в металлической оправке, приклеенной к корпусу лазерного диода, фокусируются на активный элемент ИАГ с, имеющий цилиндрическую форму с радиусом основания 5 мм и высотой 10 мм.

Активный элемент вклеен в медного оправку теплопроводящим клеем, а сама оправка размещена на элементе Пельтье для стабилизации температуры активного элемента. Отводной узел представляет собой плоскопараллельную пластину, вклеенную в оправку под углом Брюстера и фотодиод, вклеенный сверху в направлении отведённого пучка.

Отводной узел позволяет плавно изменять мощность выходного излучения от 5 до 50 мВт. Геометрические характеристики выходного излучения формирует

двухкомпонентный телескоп (10). Функциональная схема излучателя с накачкой двумя полупроводниковыми лазерными диодами представлены на рисунке 2.

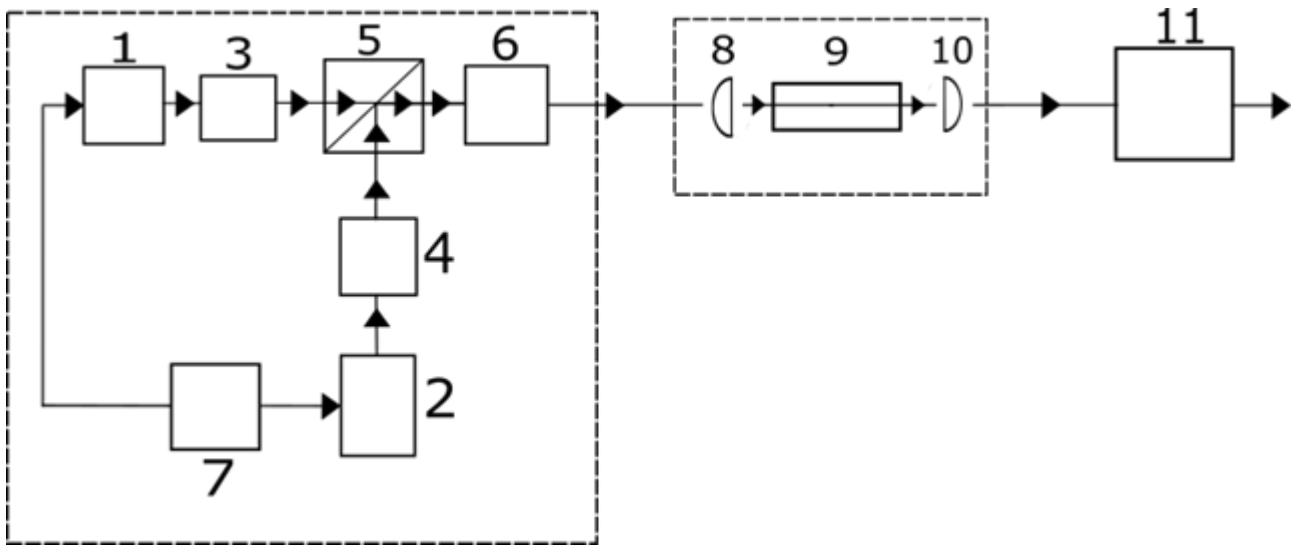


Рис. 2. Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя лазерными диодами для систем охранной сигнализации протяженного объекта

1, 2– одноваттные лазерные диоды накачки;

3, 4– конденсоры;

5– призма– куб;

6– объектив;

7– стабилизированный источник питания 5V;

8, 10 –зеркала оптической резонатора;

9– кристалл ванадата;

11– телескоп двухкомпонентной для формирования геометрических параметров лазерного пучка.

Полупроводниковые лазерные диоды накачки (1 и 2) установлены в корпусе осветителя. Диоды питаются стабилизированным источника питания 5В и имеют возможность в небольших пределах перемещаться относительно конденсоров (3) и (4). Излучения диодов накачки направляется диодов накачки направляется на призму - куб (5). Далее лазерный пучок фокусируется на активном элементе (9), который вместе с зеркалами радиатора (8 и 10)

установлен в корпусе резонатора. Зеркало (8) с коэффициентом отражения 0,98 для линии основной гармоники 1064 нм, зеркало (10) полупрозрачное, с коэффициентом пропускания 40-60 %.

Корпуса осветителя и резонатора размещены на элементах Пельтье.

Геометрические параметры излучения формируются с помощью двухкомпонентного телескопа (11).

#### Порядок выполнения работы.

Задание 1. Вначале зелёный луч лазера 532нм направить строго вдоль оси стенда на одной и той же высоте и по нему ориентировать и закрепить основание излучателя. Закрепить на платформе корпуса осветителя и резонатора. После этого юстируют оптические элементы осветителя, вначале определяют правильное положение призмы-куба, чтобы отраженный от него пучок попадал в отверстие экрана, далее добиваются правильного креста от излучения лазерных диодов, устанавливают объектив, добиваются фокусировки излучения на активном элементе. Резонатор юстируют в такой последовательности: входное зеркало, активный элемент, выходное зеркало.

Произвести юстировку телескопа.

Задание 2. Собрать схему измерения диаметра лазерного луча и его эллиптичности. Включить лазер и ПЗС-камеру, запустить программу измерений записать данные измерений.

Задание 3. Собрать схему измерения угловой расходимости.

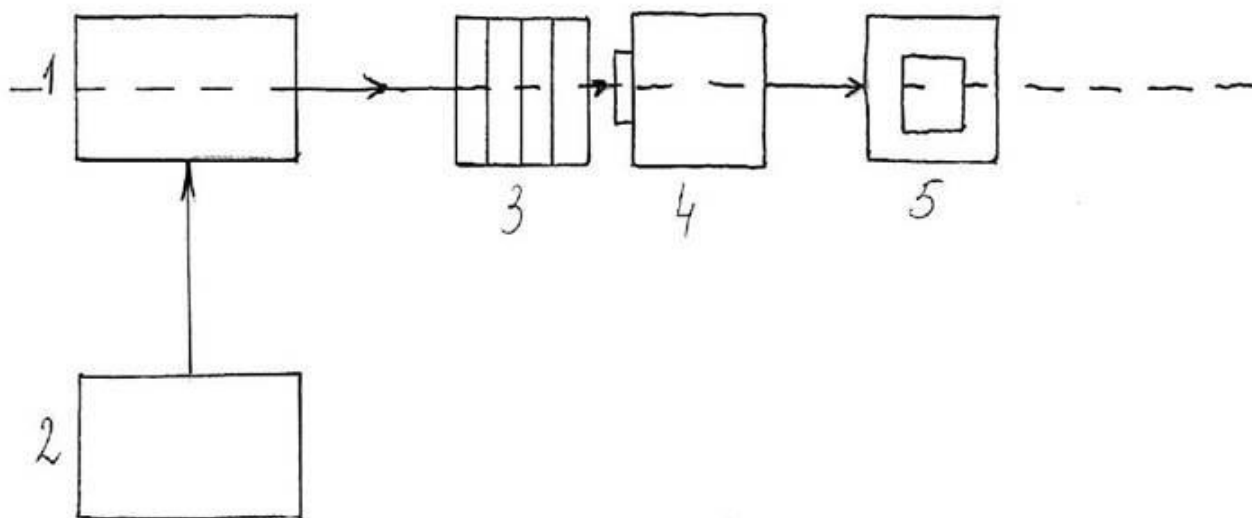


Рис. 3. Схема измерения диаметра лазерного пучка на выходе лазера его эллиптичности:

- 1 - ИК-лазер на гранате с диодной накачкой;
- 2 - стабилизированный блок питания 5V;
- 3 - набор нейтральных фильтров;
- 4 - ПЗС - камера;
- 5 - компьютер.

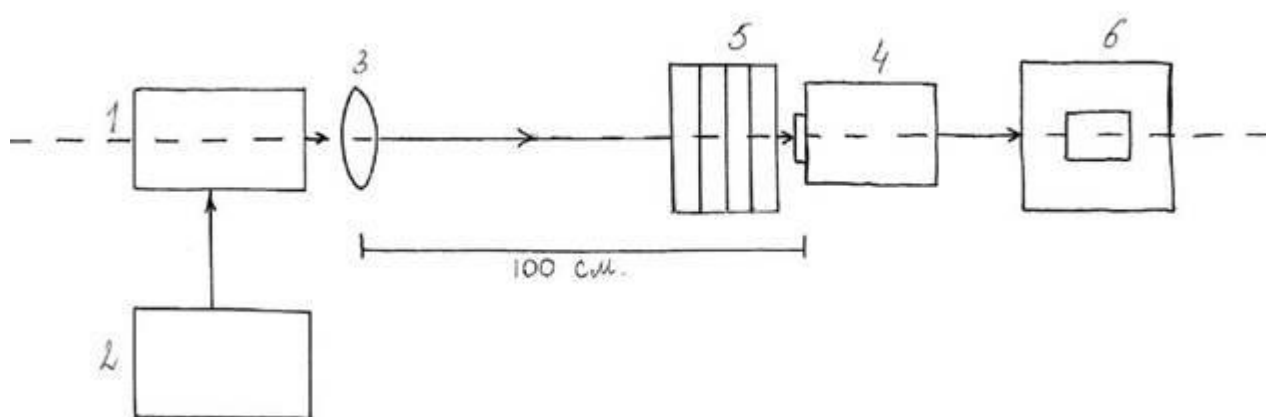


Рис. 4. Схема измерения угловой расходимости лазера на ИАГ с диодной накачкой.

- 1 - ИК-лазер на ИАГ: с диодной накачкой;
- 2 - стабилизированный источник питания 5V;

- 3 - собирающая линза с  $F=100$  см;
- 4 - ПЗС-камера;
- 5 - набор нейтральных фильтров;
- 6 - компьютер;

В качестве примера на рисунке 5 приведён профиль лазерного пучка на расстоянии 5- 10 см. От выходного торца излучателя, на рисунке 6 представлен профиль пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 100 см. Анализ рисунков показывает, что излучатель генерирует одну поперечную моду, диаметр пучка 1,2 мм, угловая расходимость 0,56 мРад. Эти характеристики получены при исследовании излучателя с накачкой двумя лазерными диодами.

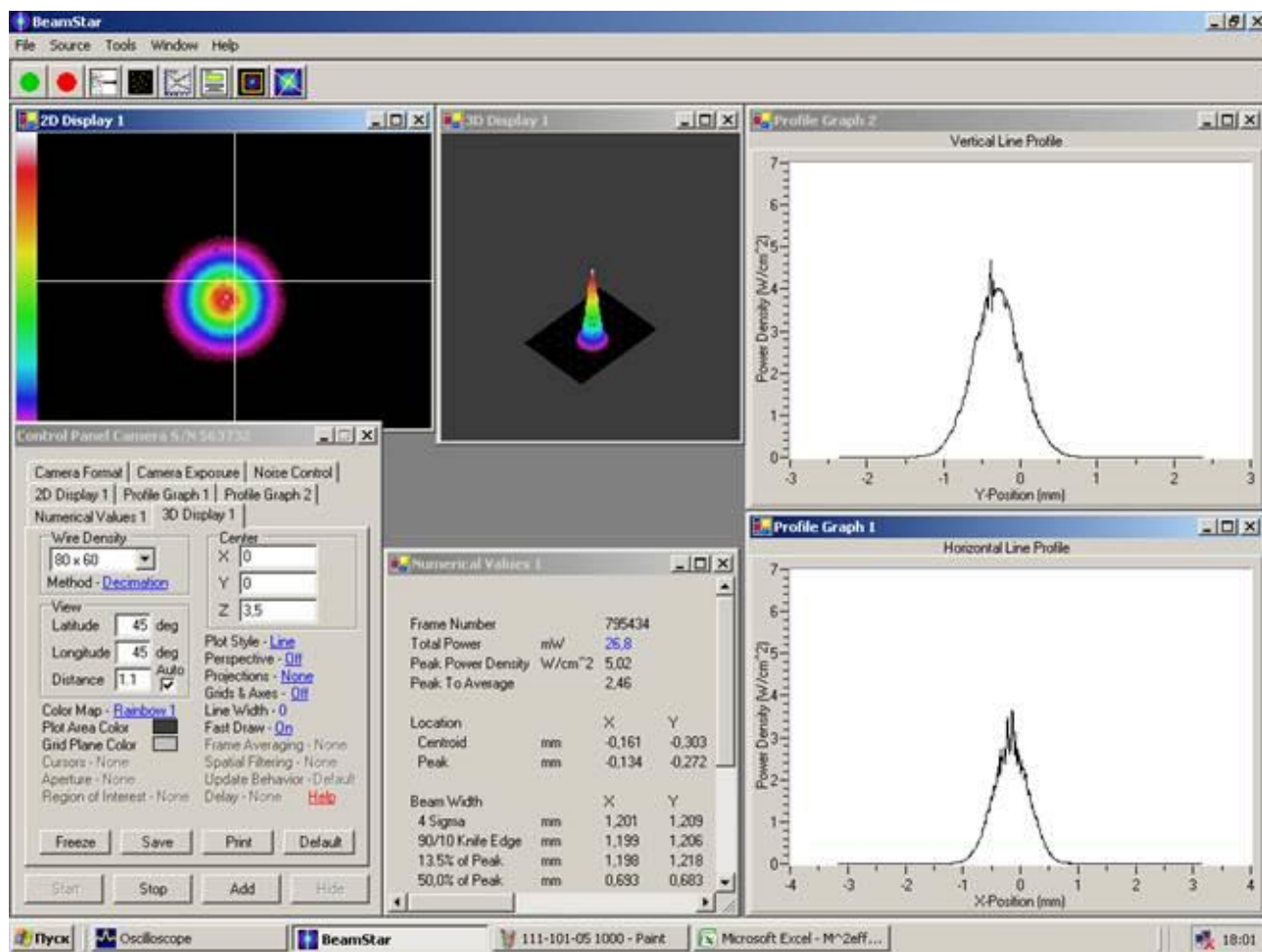


Рис. 5. Профиль лазерного пучка на выходе лазера, полученная с применением ПЗС - камеры компьютера.



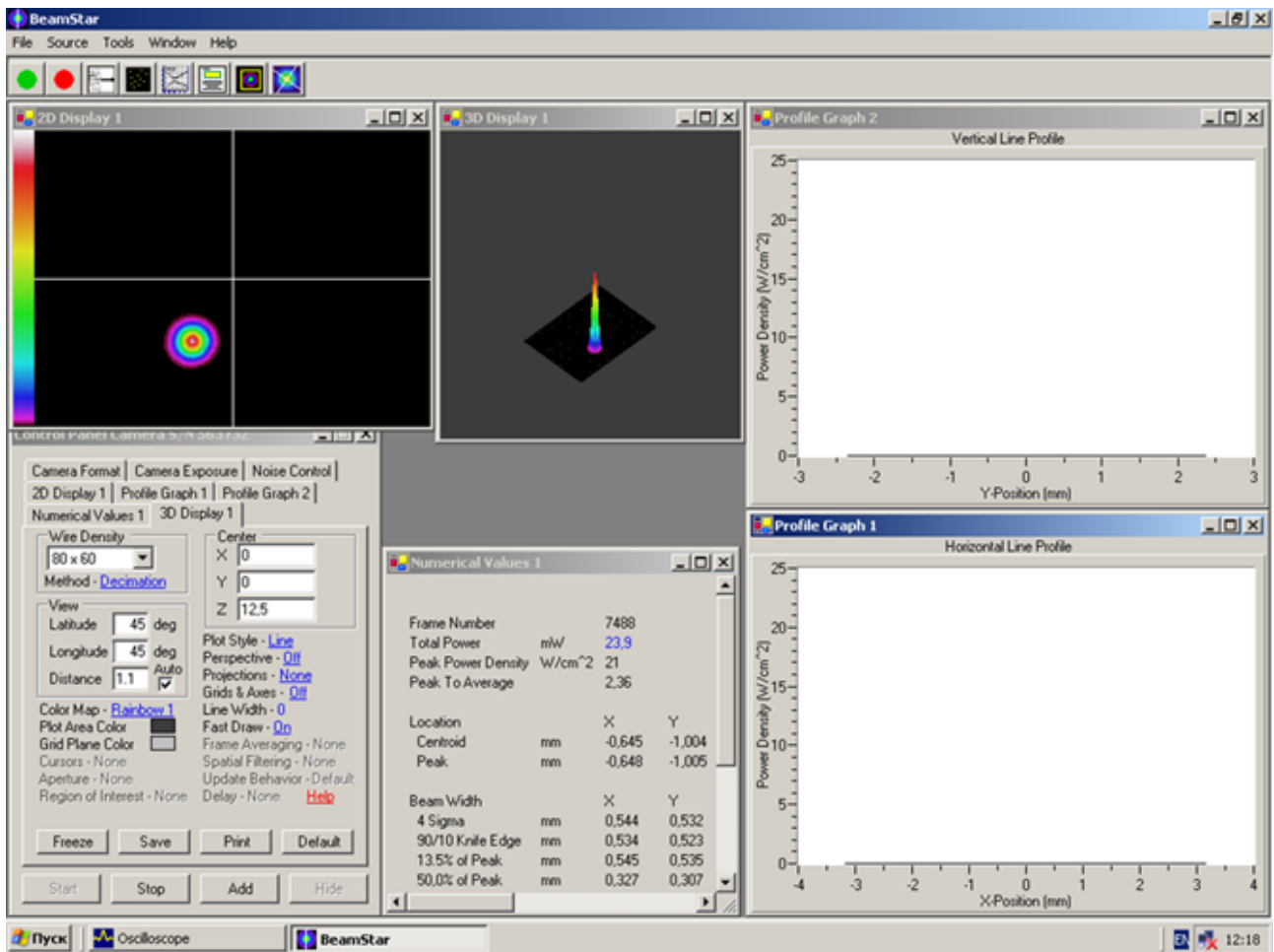


Рис. 6. Профиль лазерного пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 1 м.

## Литература.

1. Звелто О. Принципы лазеров. Перевод с английского М.: Мир, 1990, с. 558.
2. Ландсберг Г. С. Оптика. - М., Физматлит, 2010, 848 с.
3. Тарасов Л.В. Физика лазера. Издание пятое. М. Ленанд, 2017, с. 456.
4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Лазерная физика». Учебно-методическое пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010, 64 с.
5. Митрофанов А. С. Принципы усиления оптического излучения. Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2005, 112 с.
6. Альтшуллер Г. Б., Антонович Г. Н., Белашенков Н.Р. и др. Методические указания к лабораторному практикуму по дисциплине «Квантовая электроника». - П.: ЛИТМО, 1991, 58 с.