Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра электроники колебаний и волн

«Исследование причин возникновения некоторых особенностей «провала Лэмба» в гелий-неоновом лазере и их минимизация».

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 421 группы
по направлению 03.03.03 «радиофизика»

факультет нелинейных процессов
Бакаева Сергея Владимировича

Научный руководитель
__ Доцент КЭКиВ ___ _____ _Перченко М. И._
должность, уч. степень, уч. звание дата, подпись инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой
член-корреспондент РАН,
доктор физико-математических
наук, профессор _____ Трубецков Д. И.
должность, уч. степень, уч. звание дата, подпись инициалы, фамилия

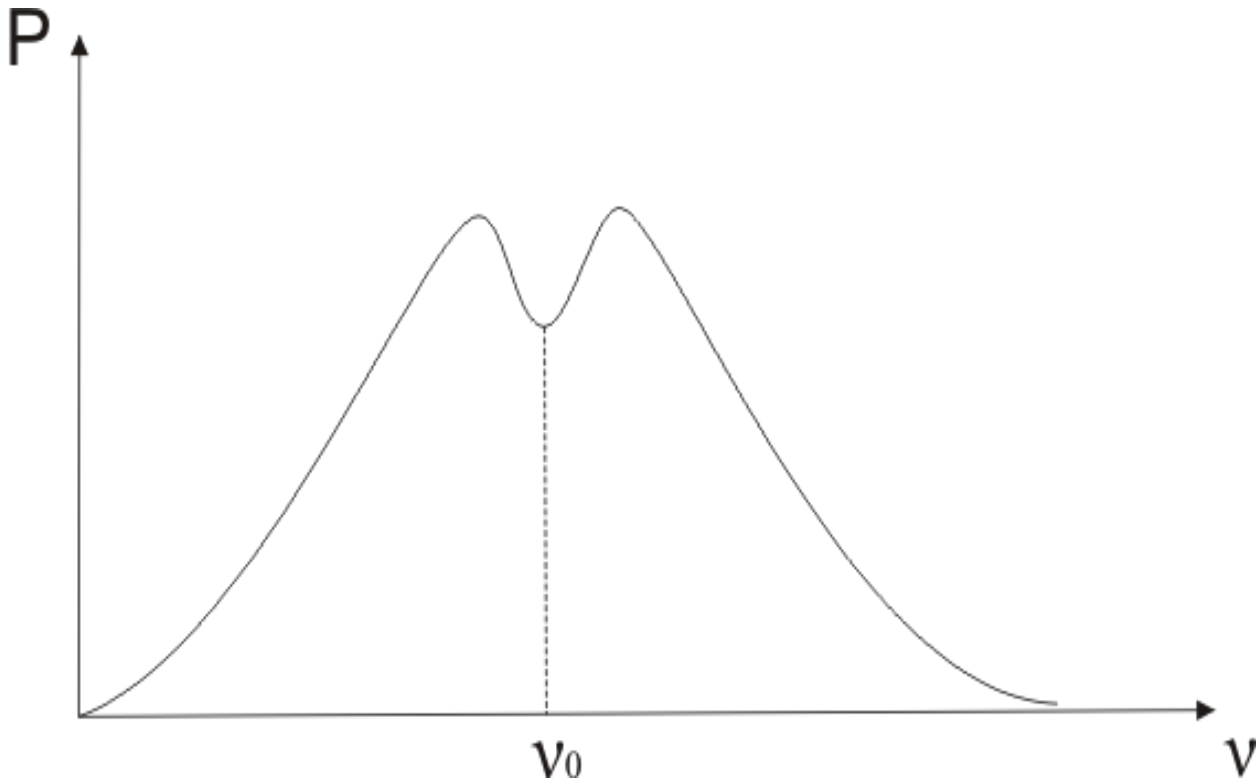
Саратов 2018 год

Цель работы

Установка, собранная моим предшественником А. Емельяновым, обладает некоторыми особенностями, которые осложняют наблюдение провала Лэмба. В выпускной квалификационной работе передо мной была поставлена задача: Выяснить причины этих особенностей, по возможности их минимизировать или устранить. Это и является целью моей выпускной квалификационной работы.

Провал Лэмба

Провалом Лэмба называют падение выходной мощности газового одночастотного лазера в центре линии уширения.

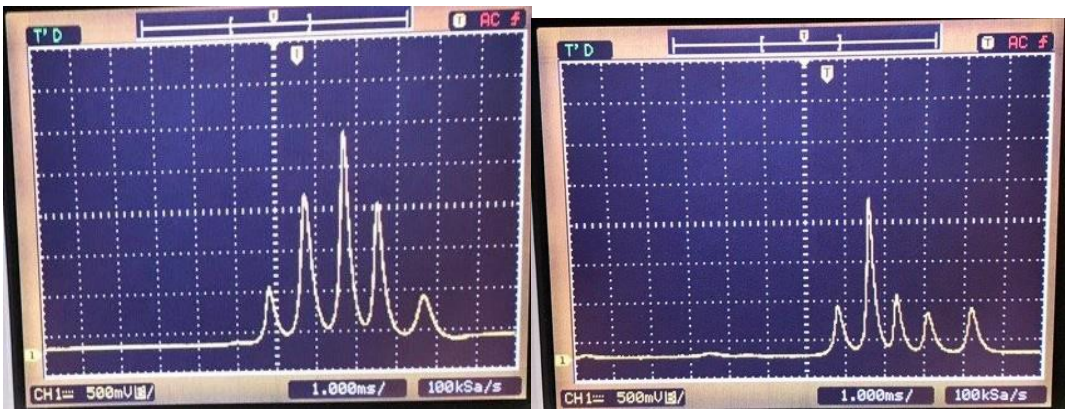


Известно, что если в доплеровски уширенный контур линии попадала только одна собственная частота оптического резонатора, то в спектре будет только одна спектральная линия. Она будет в два раза выше и если изменять расстояние между зеркалами резонатора лазера, то эта спектральная компонента будет перемещаться вдоль оси частот и опишет траекторию с провалом в центре. Провал Лэмба иллюстрируется на рисунке, где приведена зависимость выходной мощности генерации лазера от частоты при постоянной скорости накачки. Кривая такой формы может быть получена экспериментально в одночастотном лазере, частота выходного излучения

которого перестраивается посредством плавного изменения длины резонатора (на величину равную половине длины волны).

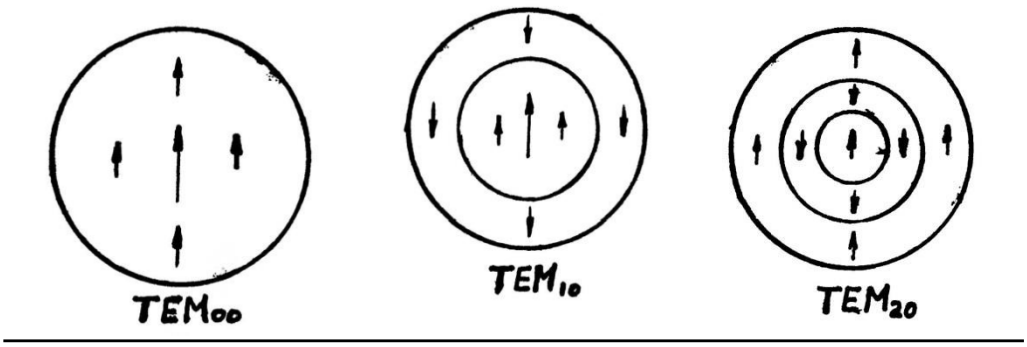
Постановка задачи

На реальной установке наблюдается не одна резонансная кривая, как это предполагается в теории, а несколько расположенных рядом, похожих на нее, кривых. При наблюдении явления провала Лэмба это приводило к тому, что сам вид провала мог меняться, Провал мог быть не один, и поэтому предстояло выяснить с чем связаны дополнительные, похожие на резонансные, кривые. Это картины спектрального анализа излучения исследуемого лазера



По осям отложено: по вертикальной оси интенсивность, по горизонтальной оси: частота. Рядом с основным пиком наблюдаются еще пики. С чем они связаны мне и предстояло выяснить и по возможности устранить эти пики, либо их минимизировать (уменьшить амплитуду).

В качестве первой версии было предположено, что каждому пику колебаний наблюдаемой картины отвечает свой резонансный тип колебаний, со своей поперечной структурой в резонаторе лазера.

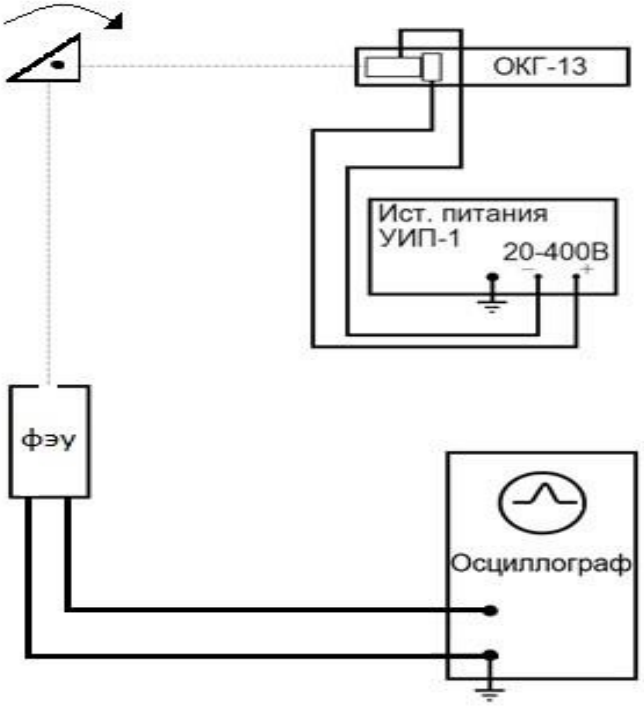


Как видно, при существовании каждого из этих типов отдельно от других, его легко идентифицировать по распределению интенсивности в поперечном сечении лазерного луча. Если лазер генерирует первый тип колебаний, или одну из суперпозиций: 1+2, 1+3, 2+3 или 1+2+3. Отличить по визуальной картине распределение интенсивности в поперечном сечении лазерного луча практически невозможно. А если эти картины сложатся друг с другом- для нас будет одно пятно.

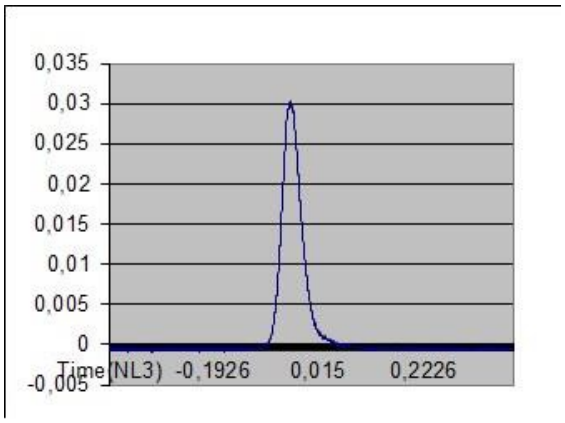
Величиной стрелок здесь указано распределение амплитуды данного типа колебания в поперечном сечении в открытом резонаторе.

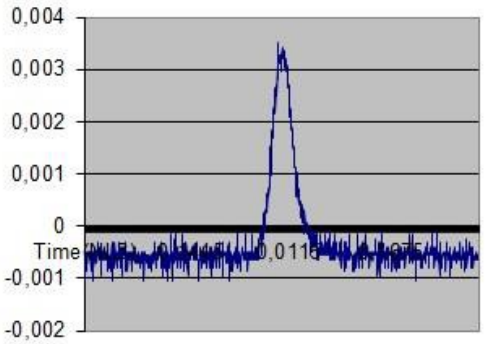
Возможна одновременно двух или трёх модовая лазерная генерация, при этом моды - поперечные. Расстояние между ними не очень большое по частоте, и как следствие в излучении лазера наблюдается три разных резонансных частоты, отвечающих трём разным модам лазера с разной поперечной структурой.

Для проверки первой версии, понадобилось устройство с вращающейся призмой, которое было собрано мной и проведено наблюдение зависимости интенсивности лазерного луча поперечной плоскости от координаты.



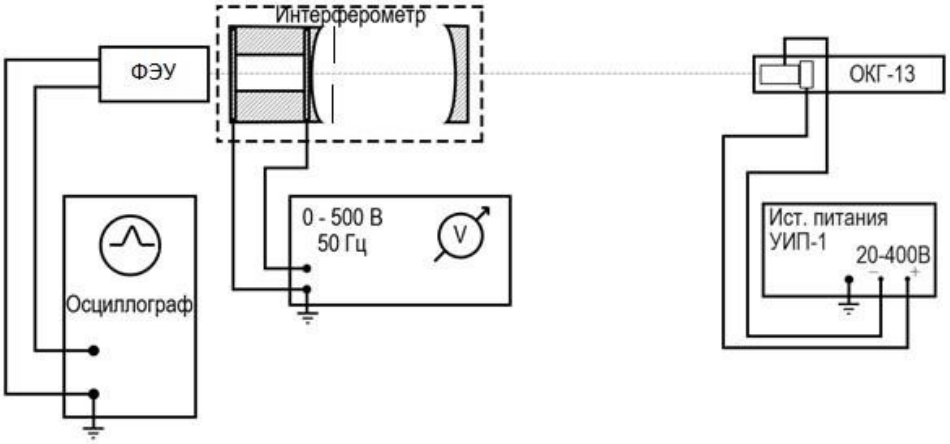
Отвечающие поперечному распределению интенсивности излучения лазера от горизонтальной координаты, были зафиксированы в виде осциллограмм на экране цифрового осциллографа.





В связи с чем был сделан вывод о существовании в лазерном излучении лишь одного основного первого типа колебаний (Гауссово) и отсутствие остальных.

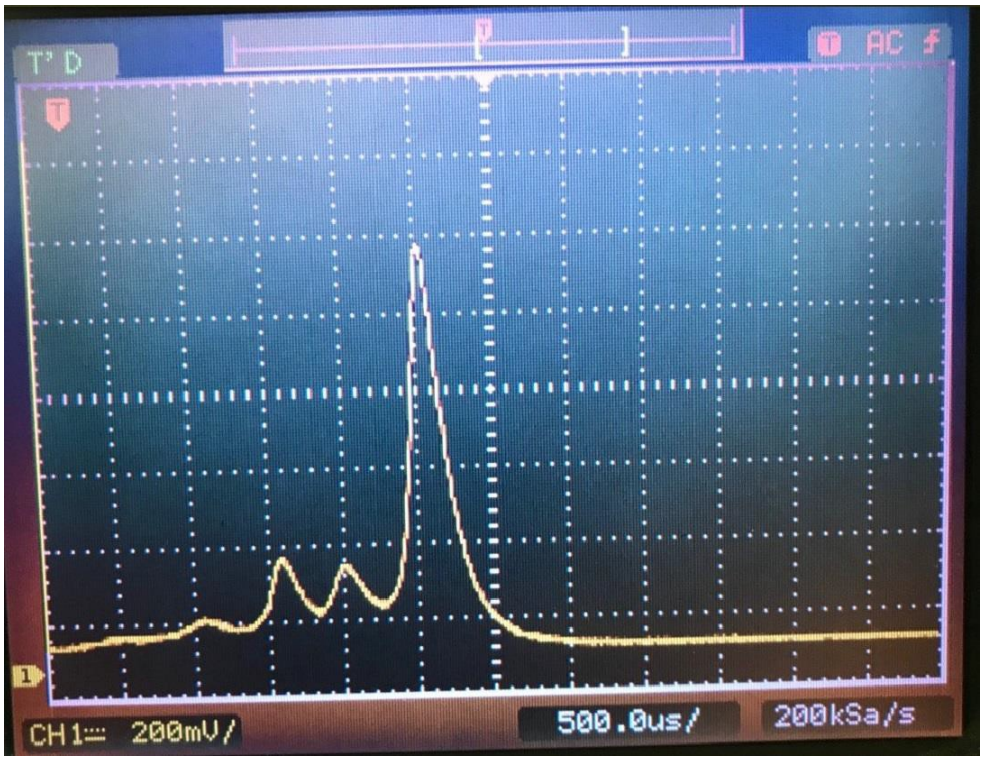
После того, как я выяснил, что других собственных частот там нет, стало понятно, что проблема заключается в другом и была предложена вторая версия. А именно: Параметры Лазерного луча Гауссово пучка (кривизна волнового фронта и минимальный размер пятна) в лазерном луче не согласованы с параметрами той моды резонатора интерферометра Фабри-Перро, с помощью которой осуществлялось "прописывание" лазерной моды на осциллографе.



И из-за несогласованности этих параметров, из-за несогласованности возможного угла вводы лазерного луча в интерферометр, из-за неоптимального размера диафрагмы перед выходным зеркалом интерферометра – это и могло привести к появлению нескольких кривых на экране осциллографа в те моменты времени, когда собственная частота того или иного типов колебаний интерферометра из-за перестройки зеркала совпадает с частотой лазерного излучения. Для того, чтобы уменьшить возможность возбуждения неосновного типа колебаний интерферометра(у

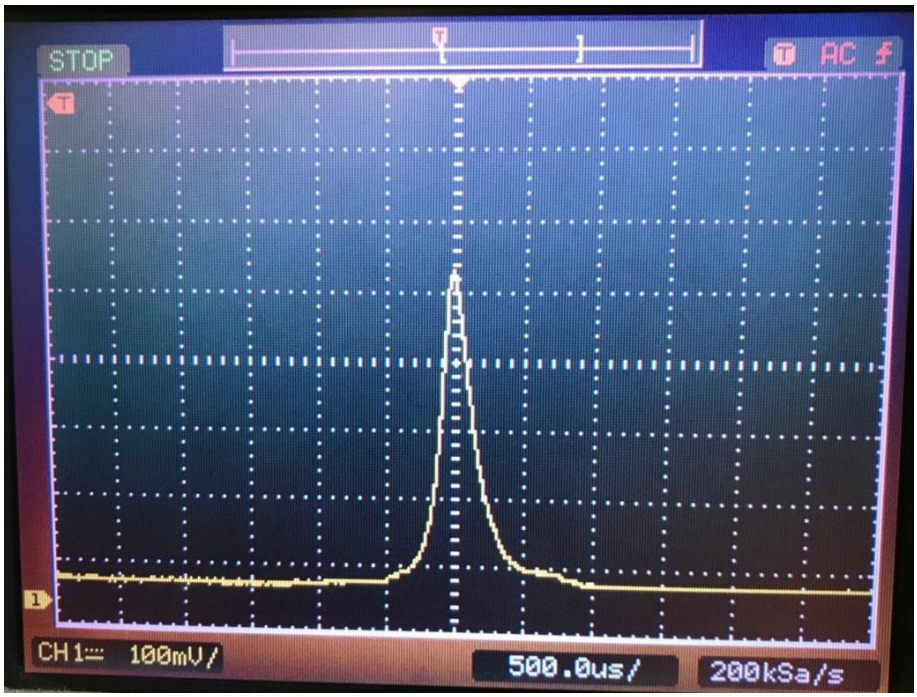
основного типа колебаний самое маленькое пятно), было решено уменьшить размер диафрагмы на выходном зеркале интерферометра.

Уменьшив диафрагму, мне удалось добиться улучшения:

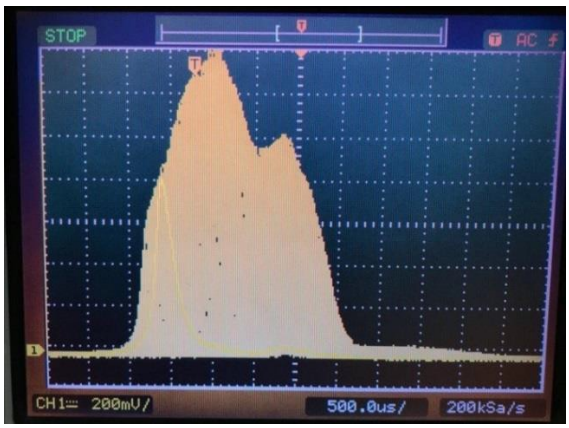


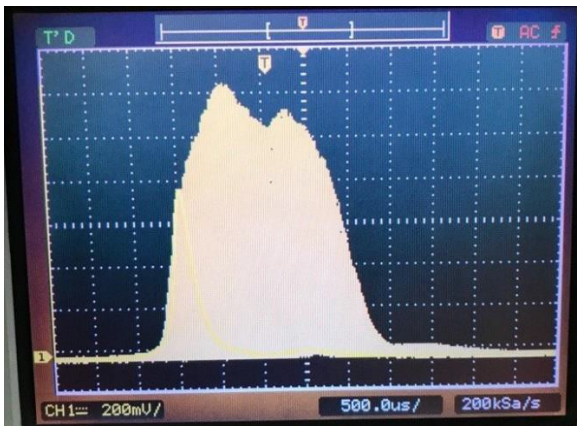
произошло подавление возбуждения не основных поперечных типов колебаний в интерферометре, но не окончательное. На эту картину может повлиять так же осевое расположение интерферометра. Его ось может быть под углом к оси лазера. Чтобы добиться окончательного подавления - я начал менять положение оси интерферометра по отношению к оси лазерного луча в горизонтальных и вертикальных осях.

Подработав угол, чтобы минимизировать все остальные кривые, удалось добиться следующего результата. После проведенных экспериментов я получил кривую вот такой формы.



Используя режим бесконечного послесвечения экрана осциллографа, была получена вот такая картина, иллюстрирующая провал Лэмба.





Вывод

Проведя эти эксперименты, мне удалось выяснить с чем связаны дополнительные пики на экране осциллографа, и удалось их минимизировать, оптимизировав диафрагму интерферометра и изменяя в горизонтальной и вертикальной плоскостях угол между осью интерферометра и осью лазерного пучка. Я пронаблюдал провал Лэмба без искажения.