

О ВЫДЕЛЕНИИ ОДНОГО ТИПА КОЛЕБАНИЙ В ОПТИЧЕСКОМ РЕЗОНАТОРЕ

Ю.В.Троицкий, Н.Д.Голдина

В настоящее время большое внимание уделяется такому видоизменению оптических резонаторов и режимов работы лазера, которые позволяли бы получить генерацию на одном типе колебаний в резонаторах большой длины, когда на ширину линии усиления активной среды приходится несколько типов колебаний с большой добротностью. Если селекция поперечных типов колебаний выполняется довольно просто, например путем диафрагмирования или подбора радиусов кривизны зеркал, то избавление от нежелательных основных мод TEM_{00q} представляет большие трудности [1-3]. В настоящей заметке описывается метод выделения одной моды TEM_{00q} при помощи тонкой поглощающей пленки.

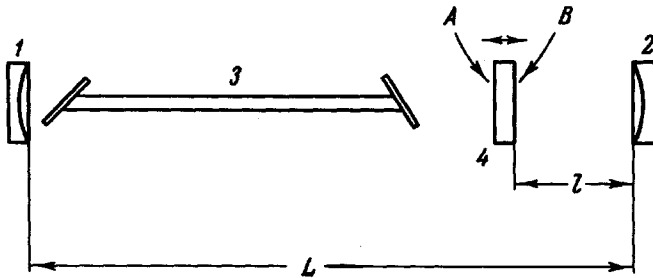


Рис.1

Предлагаемая конфигурация изображена на рис.1 и отличается крайней простотой. Здесь 1 и 2 – зеркала, образующие оптический резонатор стоячей волны, 3 – активная среда, 4 – пластинка из прозрачного материала, одна поверхность которой A просветлена, а вторая B покрыта тонким поглощающим слоем, оптическая толщина которого значительно (например, в десятки раз) меньше длины волны. Поверхность пленки должна совпадать с поверхностью равной фазы для того типа колебаний, который необходимо выделить. Пластина может слегка перемещаться вдоль оси. Когда пленка попадает в узел стоячей волны, где электрическое поле равно нулю, вносимые пленкой потери очень малы. В этот момент пленка вносит большое затухание в другие моды (продольные и поперечные), узловые поверхности которых не совпадают с поверхностью поглощающей пленки. Если поглощение достаточно велико, то лазер будет генерировать только ту моду, в узле которой находится пленка.

Успешное применение этого метода зависит от возможности изготовления очень тонких пленок со значительным затуханием, и поэтому представляет интерес его экспериментальная проверка. В эксперименте использовался гелий-неоновый лазер на длину волны 6328 \AA схема опыта соответствовала рис.1. Разрядная трубка 3 с длиной

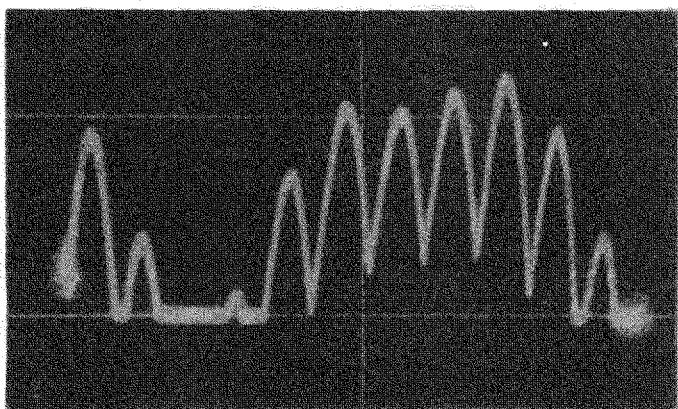


Рис.2,а

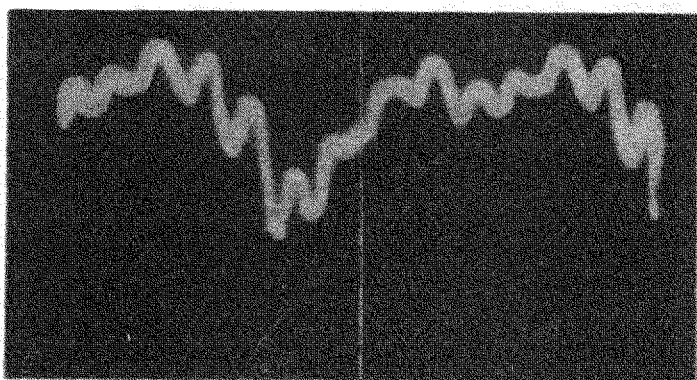


Рис.2,б

разряда 55 см и внутренним диаметром 2,3 мм наполнялась смесью неона и изотопа гелий-3. Трубка герметизировалась окнами Брюстера, в ней возбуждался разряд постоянного тока. Зеркала 1 и 2 находились на расстоянии 101,6 см и имели радиусы кривизны соответственно 106 и 136 см. При этих параметрах зеркал поверхности равной фазы являются плоскостями на расстоянии $l = 12$ см от зеркала 2 [4]. В эту точку была помещена кварцевая пластинка 4, на которую нанесена тонкая пленка никеля. Обе поверхности А и В просветлены. Пластинка была закреплена на пьезокерамике, что позволяет передвигать ее вдоль оси. Коэффициент пропускания пластинки для бегущей волны равнялся 0,84, коэффициент поглощения 0,14. Изменение добротности пассивного резонатора, в который была вставлена пластинка с пленкой, показали, что при помещении пленки в узел стоячей волны она вносит в резонатор потери, не превышающие 0,2 – 0,3% в расчете на один проход, но при небольшом ее смещении из этого положения потери резко возрастают. Так, при сдвиге пленки из узла на расстояние $\lambda/40$, потери составляют уже 1,7 – 1,8% на одно прохождение, а при помещении пленки в пучность она вносит потери не менее 25%. Эти характеристики благоприятствуют выделению одной из большого числа близкорасположенных мод.

На рис.2 приведена запись мощности излучения лазера в зависимости от перемещения пленки. Снимок 2,а получен при диафрагмировании резонатора, когда лазер может генерировать лишь на осевых модах. Каждый максимум соответствует генерации лишь на одной моде, а всего в этом случае генерирует последовательно 8 мод TEM_{00q} , отличающихся лишь продольным индексом. Максимумы периодически повторяются с периодом $\lambda/2$ (на снимке приведены почти два периода). Рис.2,б получен при полностью открытой диафрагме. В этом режиме по-прежнему возбуждаются TEM_{00q} – моды, но в промежутках между ними возникают, но с несколько меньшей мощностью, и TEM_{01q} – моды, за счет чего зависимость мощности от перемещения "выравнивается". В этом случае генерация также происходит, в основном, на одном типе колебаний и на одной частоте, но в некоторые моменты, в пограничных режимах, могут возбуждаться и две моды с разными поперечными индексами.

Модовый состав излучения контролировался при помощи 10 см интерферометра Фабри-Перо.

Максимальная мощность излучения описанного выше лазера при работе его на одной продольной моде ("одночастотный" режим) составляла около 3 Вт, что равно двум третям полной мощности лазера до вставления в резонатор пластинки с пленкой, когда лазер работал в многомодовом режиме, и примерно равно мощности лазера без пленки, но с диафрагмой, устраняющей поперечные моды (в последнем случае генерируется 5 мод TEM_{00q}).

Таким образом, введение поглощающей пленки позволяет легко получить дискриминацию мод с различными продольными и поперечными индексами и осуществить одномодовый лазер. Этот способ отличается от метода интерферометра Майкельсона простотой, нечувствительностью к поляризации и меньшими начальными потерями.

Авторы благодарят Ю.А.Ракова и М.И.Захарова за помощь при изготовлении экспериментальной установки.

Институт физики полупроводников
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступило в редакцию
9 ноября 1967 г.

Литература

- [1] G.A.Massey, M.K.Oshman, R.Targ. Appl. Phys. Lett., 6, 10, 1965.
- [2] P.W.Smith. IEEE J. of Quantum Electronics, QE-1, 343, 1965.
- [3] Ю.Д.Коломников, В.Н.Лисицын, В.П.Чаботаев. Опт. и спектр., 22, 828, 1967.
- [4] G.D.Boyd, H.Kogelnik. Bell Syst. Tech. J., 41, 1347, 1962.