

Литература

- [1] Н.Г.Басов, В.С.Зуев, Ю.В.Сенатский. Оптический квантовый генератор с модуляцией добротности на неодимовом стекле. ЖЭТФ, 48, 1562, 1965.
- [2] Г.А.Воробьев, Г.А.Месяц. Техника формирования импульсов наносекундной длительности. М., Госатомиздат, 1963.

ЭФФЕКТЫ ОПТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ ДИОДНЫХ ЛАЗЕРОВ

П.Г. Елисеев, А.А.Новиков, В.Б.Федоров

Исследованиям оптического взаимодействия диодных лазеров уделяется в последнее время большое внимание в связи с возможностью использования этих эффектов для создания логических элементов вычислительных устройств [1]. Однако экспериментальное осуществление оптического взаимодействия представляет значительные трудности, так как толщина активной области диодных лазеров составляет несколько микрон. Опубликованные экспериментальные работы относятся или к изучению взаимодействия двух диодных лазеров с общим резонатором [2], или же содержат лишь качественное описание наблюдаемых эффектов в случае отдельных резонаторов, расположенных на расстоянии в несколько десятков микрон, когда эффекты взаимодействия выражены слабо [3,4].

В настоящем сообщении приводятся результаты эксперимента по оптическому взаимодействию двух диодных лазеров из арсенида галлия, расположенных на расстоянии менее 5 мк. Зеркала их резонаторов были параллельны, а р-п-переходы лежали в одной плоскости.

Пара диодов была получена путем раскола одного кристалла, предварительно закрепленного на кристаллодержателе, на две части длиной 425 и 1450 мк, к которым затем были подпаяны отдельные контакты. Диоды помещались в жидкий азот, питание осуществлялось

двумя генераторами прямоугольных импульсов тока с амплитудой $0,5 + 25$ а и длительностью $1,5$ мксек. Спектр излучения исследовался спектрографами типа ИСП-5Г и ДФС-8 и регистрировался фотоумножителем ФЭУ-22.

Спектр генерации короткого диода находился в интервале длин волн $\lambda_k = 8420 + 8435$ Å и состоял из мод, расположенных на расстоянии $1,7$ Å. Спектр генерации длинного диода лежал в интервале $\lambda_d = 8465 + 8478$ Å, расстояние между модами было $0,8 + 0,9$ Å. Детальных изменений тонкой структуры спектров при оптическом взаимодействии диодов не проводилось.

Основные измерения были выполнены со спектрографом ИСП-5Г при разрешении порядка 15 Å. При этом спектры излучения пары как при совпадающих, так и при разнесенных во времени импульсах питающих токов состояли из двух линий шириной $15 + 25$ Å. При совпадении импульсов относительные величины максимумов существенно изменялись, что свидетельствовало о наличии оптического взаимодействия, причем со стороны короткого диода наблюдалось уменьшение интенсивности излучения на длине волны λ_k и увеличение на λ_d , а со стороны длинного - увеличение интенсивности на обеих длинах волн.

На рис. 1 приведены семейства зависимостей амплитуд сигналов на выходе фотоумножителя (u_k и u_d) при длинах волн, соответствующих максимумам спектральных линий λ_k и λ_d от питающих диоды токов.

При наблюдении со стороны короткого диода при фиксированном токе i_k интенсивность на λ_k уменьшается с увеличением i_d (рис. 1, а - сплошные кривые). Это уменьшение становится заметным лишь при $i_d > i_{d0} \approx 10$ а и происходит линейно с увеличением i_d . Излучение на λ_d при фиксированном i_d сначала увеличивается с увеличением i_k , а затем достигает максимума и начинает спадать (рис. 1, а - пунктирные кривые). Графики изменения излучения на λ_d при наблюдении со стороны длинного диода в зависимости от i_k при фиксированном i_d имеют резко выраженные максимумы (рис. 1, б - пунктирные кривые), а излучение на λ_k при фиксированном токе i_k монотонно

увеличивается с увеличением i_d до значения $i_d = i_{dl} \approx 10$ а, затем насыщается и медленно спадает (рис. 1,б - сплошные кривые).

Таким образом, эффектами оптического взаимодействия были при наблюдении со стороны короткого диода наличие запрета, т.е. уменьшение интенсивности излучения короткого диода при введении в его активный слой внешнего излучения, а при наблюдении со стороны длинного диода - осуществление оптической логики совпадения, т.е. увеличение интенсивности излучения на длинах волн λ_k и λ_d при совпадении токов подкачки во времени. Количественными характеристиками этих эффектов могут служить коэффициент и эффективность запрета, а также отношение сигнала к помехе при совпадении (отношение сигнала при совпадающих токах к сигналу при наличии только одного из токов). На рис. 2 приведены графики зависимости коэффициента запрета $\mathcal{X} = [1 - u_k(i_d)/u_k(0)] \cdot 100\%$ от тока в цепи длинного диода i_d при различных значениях тока в цепи короткого диода. При токах i_k , близких к пороговому, наблюдается практически полное ($\mathcal{X} > 95\%$) запрещение излучения на длине волны короткого диода. В то же время эффективность запрета $\eta = \mathcal{X}(2i_k/i_d)$ изменялась от 5% при $i_d \approx 10$ а до 25% при $i_d = 22,5$ а и слабо зависела от i_k . Отношение сигнала к помехе для излучения на длине волны λ_k , наблюдаемого со стороны длинного диода, $\rho = u_k^*(i_k)/u_k^*(0)$ имело максимальное значение 20+30 при изменении тока i_k в пределах 4+15 а и токе через длинный диод $i_d \approx 10$ а. Дальнейшее увеличение тока i_d приводило к запрету излучения на λ_k и в связи с этим к уменьшению ρ .

Объяснение наблюдаемых эффектов оптического взаимодействия пары лазерных диодов может быть дано, исходя из следующих соображений. Связь между различными типами колебаний, обуславливающая эффекты оптического взаимодействия, осуществляется только посредством их влияния на населенность энергетических уровней. Это влияние тем больше, чем больше соответствующая интенсивность излучения. В системе двух связанных резонаторов возможно возникновение как мод, соответствующих каждому отдельному резонатору, так и мод пары резонаторов [5]. Причем относительная добротность этих

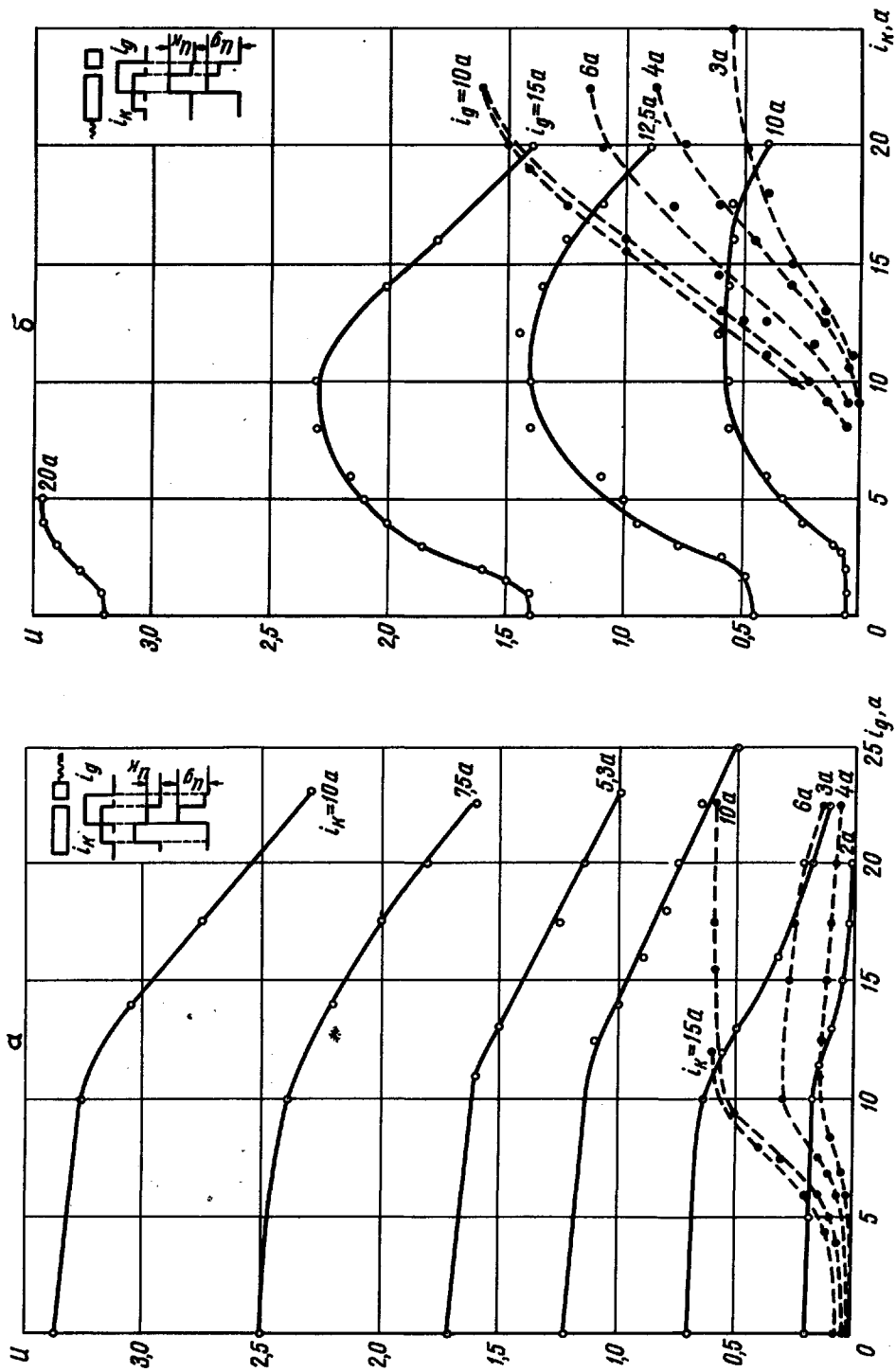


Рис. 1. а, б - Зависимость величин U_n и U_g (в относит. единицах) от величин питающих токов

мод определяется величиной связи между резонаторами и соотношениями между их оптическими длинами. Если предположить, что потери в промежутке между диодами обуславливаются лишь расходимость излучения, то при расстоянии между диодами 5 мк эти потери

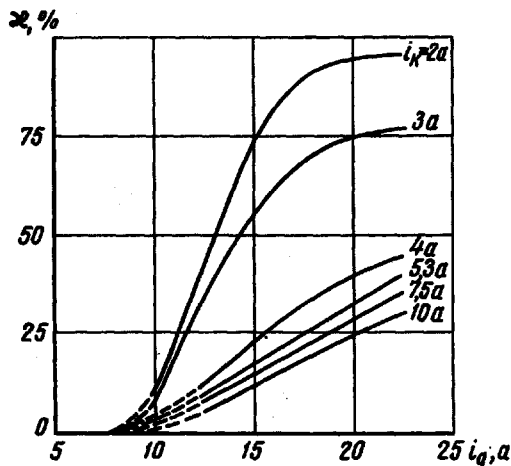


Рис. 2. Зависимость коэффициента запирания от величины питающих токов

можно считать малыми, и поэтому следует ожидать, что общие моды пары диодов будут более добротными, чем моды отдельных резонаторов.

При подаче импульсов тока только на короткий диод возникает генерация на модах в области длин волн λ_k , соответствующих короткому диоду. Если одновременно с этим увеличивать ток i_d , пропускаемый через длинный диод, то до возникновения генерации на большей длине волны спонтанное излучение длинного диода будет слабо влиять на излучение короткого. При некоторой величине тока $i_{dп}^*$ возникает генерация на длине волны λ_d , соответствующая более добротным общим модам пары связанных резонаторов. Поэтому порог генерации $i_{dп}^*$ оказывается меньше порогового значения тока для длинного диода и излучение смещается в сторону более длинных волн.

Излучение на общих модах, усиливаясь в коротком диоде, снижает инверсию населенностей для уровней, соответствующих λ_k , в результате чего происходит уменьшение интенсивности излучения на

λ_k , т.е. его запрет. Излучение на длине волны λ_k , проходя через длинный диод, поглощается, причем коэффициент поглощения уменьшается с увеличением тока i_d до момента возникновения генерации на общих модах. При дальнейшем увеличении тока i_d коэффициент поглощения (который может стать отрицательным) не изменяется, однако из-за запрета излучения в коротком диоде происходит ослабление излучения на длине волны λ_k , наблюдаемого со стороны длинного диода.

При достаточно большом токе через короткий диод, когда интенсивность излучения на λ_k в длинном диоде превышает излучение на общих модах, происходит ослабление излучения на большей длине волны из-за снижения инверсной населенности, связанного с усилением излучения на λ_k . Это приводит к появлению максимумов на графиках рис. 1, а, б.

Институт точной механики
и вычислительной техники
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
25 мая 1965 г.

Литература

- [1] O.A. Reimann, W.F. Kosonocky. IEEE Spectrum, 2, 181, 1965.
- [2] J.P. Wittke, P.J. Warner. J. Appl. Phys., 35, 1668, 1964.
- [3] A.B. Fowler. J. Appl. Phys., 35, 2275, 1964.
- [4] A.B. Fowler. Appl. Phys. Lett., 3, 1, 1963.
- [5] J.A. Fleck, R.E. Ridder. J. Appl. Phys., 35, 2825, 1964.