

ГИСТЕРЕЗИС И "ЖЕСТКОЕ" ВОЗБУЖДЕНИЕ В ГАЗОВОМ ЛАЗЕРЕ

В.Н.Лисицын, В.П.Чеботарев

В этой работе мы коротко сообщаем о наблюдении новых эффектов — гистерезисных явлений и "жесткого" возбуждения в газовом лазере, в резонаторе которого помещалась поглощающая среда с параметром насыщения, меньшим по сравнению с параметром насыщения в активной среде [1]. Гистерезис, наблюдаемый в режиме одного и многих типов колебаний резонатора, не может быть объяснен конкуренцией и взаимодействием типов колебаний.

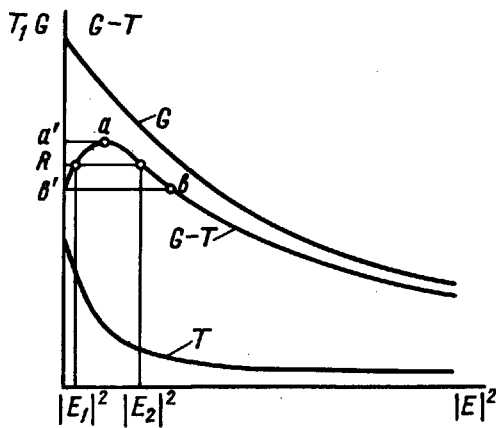


Рис.1. Зависимость усиления G , поглощения T и их разности от поля

Эксперименты были проведены с He — Ne лазером на $\lambda = 0,63 \text{ мк}$ с поглощающей ячейкой. Расстояние между зеркалами равно 64 см. Усилительная трубка имела длину 25 см и диаметр 2,5 мм и наполнялась смесью He — Ne. В поглощающей трубке, наполняемой чистым неоном, возбуждался ВЧ разряд.

Как следует из работы [1], при $T_0/G_0 > \Gamma_2/\Gamma_1 > 1$, где T_0 и G_0 — ненасыщенные поглощение и усиление в центре линий, Γ_2 и Γ_1 — лоренцевы полуширины в поглощающей и усиливающей средах соответственно, результирующее усиление в системе, т.е. разность $G - T$, возрастает с увеличением поля. Физически это означает, что уменьшение поглощения превосходит уменьшение усиления в усилительной трубке. Как показали недавно Казанцев и др. [2], решения для поля в резонаторе в этом случае

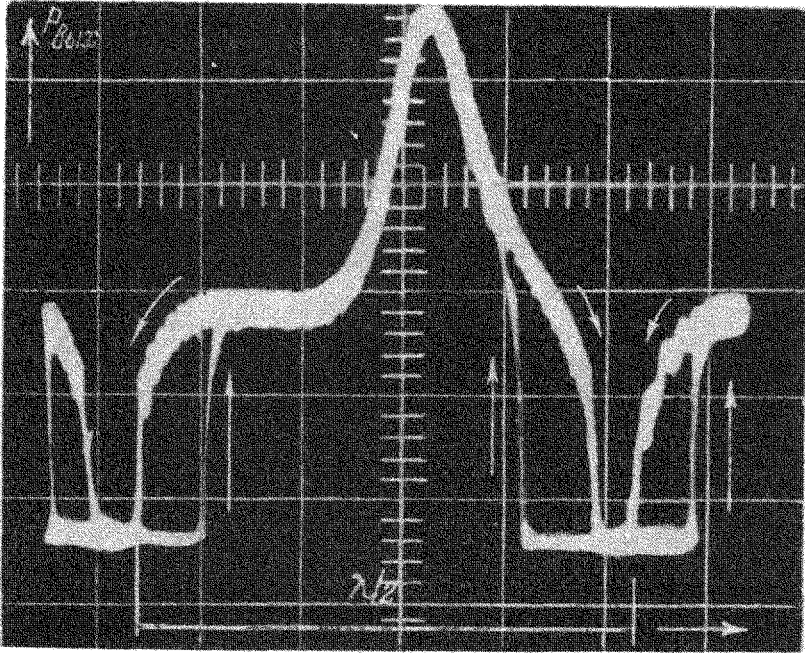


Рис.2. Зависимость мощности генерации от частоты. Давление неона в поглощающей трубке $P_{Ne} = 0,3$ мм рт.ст. Давление гелия и неона в усилительной трубке $P_{He} = 1$ мм рт.ст., $P_{Ne} = 0,1$ мм рт.ст.

могут быть получены с учетом членов разложения пятого порядка по полю. Ими было показано, что при некоторых соотношениях параметров сред и резонатора возможны два решения, одно из которых является всегда неустойчивым. Качественно эти результаты представлены графически на рис.1, где показаны зависимости от поля усиления G и, поглощения T и их разности $G - T$ в зависимости от поля. Точки пересечения прямой, параллельной оси абсцисс, с зависимостью $G - T$ дают решения для поля при данном значении потерь R . Точка, лежащая слева от максимума, дает неустойчивое решение, а точка справа от максимума соответствует устойчивому режиму генерации.

Выше точки a генерация невозможна. В области между точками a и b существует режим "жесткого" самовозбуждения. В этой области и имеют место гистерезисные явления. Под "жестким" режимом самовозбуждения лазера мы понимаем общепринятое в радиотехнике условие возбуждения генератора, при котором колебания в нем возникают

лишь тогда, когда их амплитуда превзойдет некоторое критическое значение. В нашем случае для потерь R устойчивая генерация может возникать, когда поле в резонаторе превзойдет значение E_1 , и возникает устойчивая генерация с амплитудой E_2 . Ниже точки b имеет место обычный режим "мягкого" самовозбуждения.

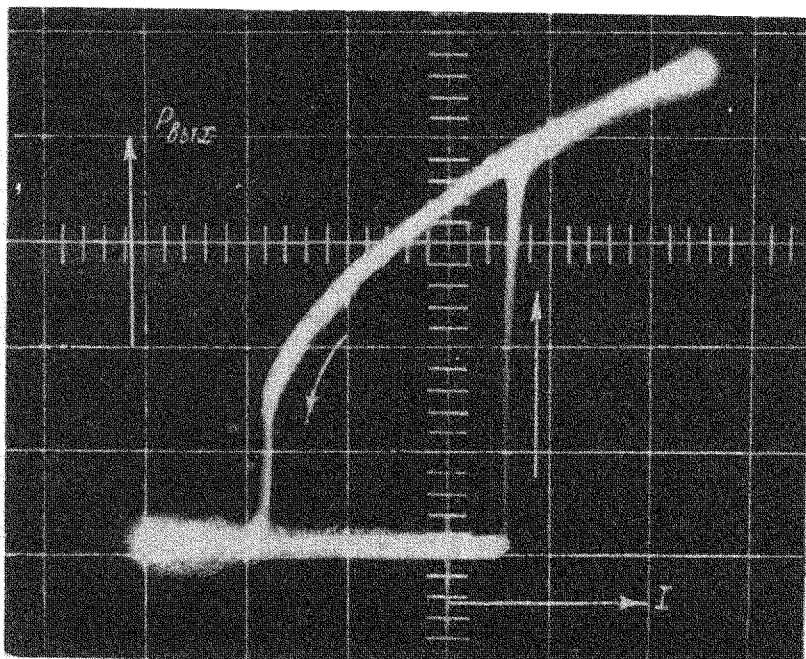


Рис.3. Зависимость мощности генерации от тока разряда в усилительной трубке

Гистерезис трех видов мог наблюдаться: при изменении потерь в резонаторе, при изменении усиления или поглощения и при изменении частоты генерации. Первые два вида могут быть легко поняты из рис.1. При уменьшении потерь генерация возникает в точке b и скачком переходит в режим, соответствующий точке a . При обратном ходе изменения потерь, генерация сорвется в точке a , где потери будут равны максимуму $G - T$. Аналогичные явления будут наблюдаться и при изменении поглощения или усиления. Гистерезис при изменении частоты (рис.2) связан с изменением формы зависимости $G - T$ от поля. Гистерезисным явлениям при изменении частоты всегда сопутствовал пик мощности генерации в центре линии поглощения [1], так как условия возникновения гистерезиса более жесткие, чем условия появления пика мощности генерации [1]. Замечено, что длительность нарастания генерации всегда была значительно меньше длительности срыва, что согласуется с результатами работы Казанцева и др.

При изменении тока разряда в усилительной трубке (рис.3) область гистерезиса зависела от частоты генерации, увеличиваясь примерно вдвое при настройке на центр линии поглощения.

Авторы приносят искреннюю благодарность С.Г.Раутиану, А.П.Казанцеву и Г.И.Сурдутовичу за полезные обсуждения и возможность ознакомиться с их работой до ее опубликования.

Институт физики полупроводников
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступило в редакцию
1 сентября 1967 г.

Литература

- [1] В.Н.Лисицын, В.П.Чеботаев. ЖЭТФ, 54, вып.2, 1968.
- [2] А.П.Казанцев, С.Г.Раутдан, Г.И.Сурдутович. Доклад на научно-технической конференции по квантовой электронике. г. Ереван, октябрь, 1967.