



# ОПТИЧЕСКАЯ БИСТАБИЛЬНОСТЬ

Авторы: В. А. Макаров

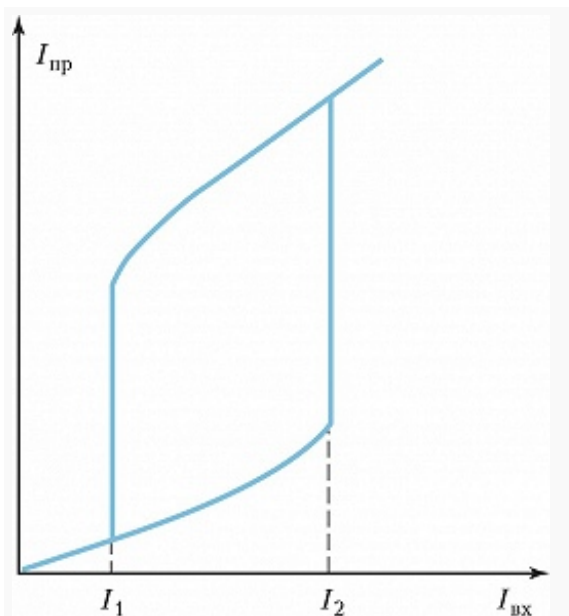
---

ОПТИЧЕСКАЯ БИСТАБИЛЬНОСТЬ, одно из проявлений самовоздействия света в нелинейных системах с обратной связью, при котором определённой интенсивности и поляризации падающего излучения соответствуют два возможных устойчивых стационарных состояния поля прошедшей волны, различающихся амплитудой и/или параметрами поляризации. Передаточные характеристики таких систем, определяющие зависимость стационарных значений интенсивности  $I_{\text{пр}}$ , степени эллиптичности  $\epsilon_{\text{пр}}$  и угла наклона  $\varphi_{\text{пр}}$  гл. оси эллипса поляризации прошедшего излучения от соответствующих характеристик входного излучения ( $I_{\text{вх}}$ ,  $\epsilon_{\text{вх}}$ ,  $\varphi_{\text{вх}}$ ), неоднозначны и обладают ярко выраженными гистерезисными свойствами. Причиной возникновения неоднозначности передаточных характеристик в нелинейных системах является обратная связь. Если фиксированным значениям  $I_{\text{вх}}$ ,  $\epsilon_{\text{вх}}$ ,  $\varphi_{\text{вх}}$  соответствуют два устойчивых стационарных состояния поля прошедшего излучения, то в оптич. системе реализуется О. б., если больше двух – оптич. мультистабильность.

В качестве оптически бистабильных устройств широко используются: пассивные оптич. резонаторы (ОР) с нелинейной средой, в которых обратная связь возникает за счёт отражения от зеркал; системы с распределённой обратной связью; оптоэлектронные гибридные системы, в которых обратная связь осуществляется за счёт управления параметрами оптич. среды электрич. сигналом с детектора прошедшего светового потока, и др.

В 1964 нем. физик Г. Лашер предложил первый бистабильный инжекционный лазер на арсениде галлия. Первые эксперименты по оптич. гистерезису и О. б. в газовом лазере с нелинейно поглощающей ячейкой были выполнены рос. физиками В. Н. Лисициным и В. П. [Чеботаевым](#) в 1968. Теоретически О. б. в пассивных системах

впервые рассмотрена рос. физиком В. Н. Луговым в 1969 при исследовании распространения света через ОР, в котором находилась среда с нелинейностью рамановского типа.



Оптическая бистабильность в кольцевом оптическом резонаторе с нелинейной средой при неизменной поляризации распространяющейся волны.

В приближении неизменности поляризации излучения, распространяющегося в ОР с нелинейной средой, возможно возникновение неоднозначной зависимости интенсивности проходящей волны  $I_{\text{пр}}$  от интенсивности входящей  $I_{\text{вх}}$  (рис.). В этом случае О. б. возникает при  $I_1 < I_{\text{вх}} < I_2$ . При определённых значениях параметров ОР и нелинейной среды в этом диапазоне существуют две устойчивые ветви зависимости  $I_{\text{пр}}(I_{\text{вх}})$ . При плавном увеличении  $I_{\text{вх}}$  от нуля до  $I_2$  интенсивность излучения на выходе ОР задаётся нижней ветвью зависимости  $I_{\text{пр}}(I_{\text{вх}})$ . В точке  $I_2$  происходит переход на верхнюю ветвь, и при дальнейшем увеличении  $I_{\text{вх}}$  зависимость  $I_{\text{пр}}(I_{\text{вх}})$

становится однозначной. Если плавно уменьшать  $I_{\text{вх}}$  от больших значений до  $I_1$ , то интенсивность на выходе ОР будет определяться верхней ветвью зависимости  $I_{\text{пр}}(I_{\text{вх}})$ , а в точке  $I_1$  произойдёт переход на нижнюю ветвь, после которого зависимость  $I_{\text{пр}}(I_{\text{вх}})$  становится однозначной. В результате циклич. плавного изменения  $I_{\text{вх}}$  от нуля до  $I_2$  и обратно передаточная характеристика принимает вид петли гистерезиса, и если  $I_1 < I_{\text{вх}} < I_2$ , то интенсивность  $I_{\text{пр}}$  может быть либо большой, либо малой в зависимости от того, увеличивается или уменьшается  $I_{\text{вх}}$ . Такое бистабильное поведение лежит в основе двоичных переключающих устройств, которые можно применять в качестве миниатюрных низкоэнергетич. оптич. логич. элементов, работающих при комнатной температуре.

В общем случае распространение интенсивного излучения в нелинейной среде

сопровождается изменением его поляризации. Это происходит даже при распространении вдоль оптич. оси, когда для излучения малой интенсивности поляризация не меняется в отсутствие гиротропии. При распространении вдоль оптич. оси высокоинтенсивного плоскополяризованного излучения часто возникает поляризационная неустойчивость. Если среда помещена в ОР, то флуктуации поляризации могут нарастать во времени. В стационарном режиме прошедшее через ОР излучение оказывается в одном из двух симметричных состояний, различающихся знаком угла поворота эллипса поляризации относительно исходного направления и направлением вращения вектора напряжённости электрич. поля. Эффекты поляризационного самовоздействия значительно усложняют изображённую на рисунке зависимость  $I_{пр}(I_{вх})$ . Для каждого  $I_{вх}$  имеется не два, а неск. значений  $I_{пр}$  и, следовательно, неск. состояний поляризации прошедшего ОР излучения. Границы областей устойчивости стационарных состояний поля весьма чувствительны к изменению параметров падающего излучения, ОР и нелинейной среды. При этом в области неустойчивости могут возникать периодич. и хаотич. режимы изменения интенсивности и поляризации прошедшего излучения.

## Литература

Лит.: Гиббс Х. М. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света. М., 1988; Великович А. Л., Дыкман М. И., Макаров В. А. Бистабильность, автоколебания, хаос при поляризационном самовоздействии света в резонаторах // Известия АН СССР. Сер. физическая. 1989. Т. 53. № 6; Розанов Н. Н. Оптическая бистабильность и гистерезис в распределенных нелинейных системах. М., 1997.