

О ВКЛАДАХ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОЙ И МНИМОЙ ЧАСТЕЙ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ АКТИВНОЙ СРЕДЫ ГАЗОВОГО ЛАЗЕРА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕНЕРАЦИИ

Магнитное поле в активной среде газового лазера в общем случае влияет на все характеристики генерируемого излучения: энергетические, частотные и поляризационные [1], причем его действие зависит от анизотропии лазерного резонатора. При несовпадении базисов фазовой анизотропии, индуцируемой магнитным полем в активной среде, и амплитудной анизотропии резонатора обе части поляризуемости среды, действительная (показатель преломления) и мнимая (коэффициент усиления), одновременно дают вклад в указанные характеристики. В частности, такая ситуация имеет место, когда резонатор обладает линейной амплитудной (частичный поляризатор) и циркулярной фазовой (нерезонансный фарадеевский элемент) анизотропией, а среда помещена в продольное магнитное поле. Важным является вопрос о соотношении вкладов обеих частей поляризуемости среды в параметры генерации, поскольку оно во многом определяет эффективность использования индуцируемой в среде анизотропии для управления характеристиками генерируемого излучения. Имеющиеся литературные данные косвенно свидетельствуют о том, что действительная часть поляризуемости среды может оказывать на энергетику излучения лазера довольно сильное влияние, сравнимое с влиянием ее мнимой части. Так, в [2] с помощью магнитного поля в активной среде гелий-неонового лазера осуществлена селекция типов колебаний вплоть до получения генерации одной продольной моды с высокой энергетической эффективностью. Такая селекция обусловлена резонансным фарадеевским вращением плоскости поляризации излучения в среде. Однако прямые эксперименты, позволяющие четко решить поставленный вопрос, не проводились. В настоящей работе изложены результаты эксперимента, позволяющего качественно оценить соотношение вкладов действительной и мнимой частей поляризуемости, помещенной в продольное магнитное поле активной среды газового лазера с анизотропным резонатором, в мощность генерации.

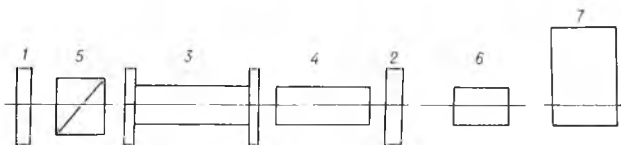


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки:

1, 2 — зеркала резонатора; 3 — ячейка с гелий-неоновой смесью в переменном продольном магнитном поле; 4 — нерезонансный фарадеевский вращатель плоскости поляризации излучения; 5 — частичный поляризатор; 6 — ФЭУ; 7 — осциллограф

На рис. 1 показана блок-схема экспериментальной установки. Активная газоразрядная ячейка с гелий-неоновой смесью помещалась в переменное продольное магнитное поле соленоида, питающегося переменным током частотой 50 Гц (рис. 2, а). Циркулярная фазовая анизотропия резонатора создавалась нерезонансным фарадеевским элементом (стержень из тяжелого флинта длиной 120 мм, помещенный в постоянное продольное магнитное поле). Частичный поляризатор — стеклянная пластинка, наклоненная к оптической оси резонатора под углом Брюстера, — обеспечивал различные потери для двух ортогонально-линейно-поляризованных волн. Разность амплитудных потерь для этих волн составляла 12 %. Остальные поверхности внутри резонатора (окошки активной кю-

веты и торцы фарадеевского элемента) были просветлены для длины волны $1,15 \text{ мкм}$ и располагались в плоскостях, ортогональных оптической оси резонатора, вследствие чего линейную амплитудную анизотропию не создавали. В отсутствие циркулярной фазовой анизотропии активной среды мощность генерации была порядка 1 мВт , а поляризация выходного излучения близка к линейной (азимут поляризации определялся направлением максимального пропускания частичного поляризатора). Включение магнитного поля в активной среде или в нерезонансном фарадеевском элементе приводило к вращению плоскости поляризации излучения лазера.

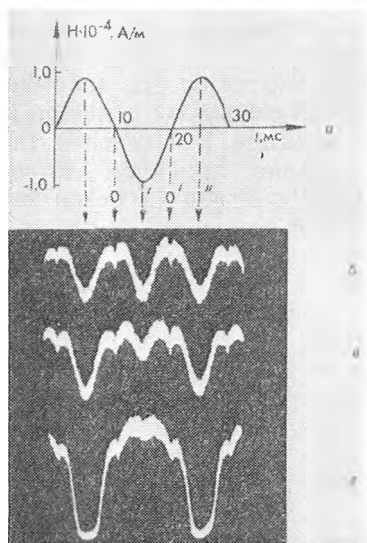


Рис. 2. Зависимость напряженности продольного магнитного поля в активной среде лазера от времени (а) и осциллограммы интенсивности генерации при величинах циркулярной фазовой анизотропии резонатора 0 (б), 0,02 (в) и 0,07 рад (г)

В случае, когда резонатор не обладает циркулярной фазовой анизотропией, интенсивность генерации не зависит от направления продольного магнитного поля, поэтому периодичность ее изменения составляет 100 Гц (рис. 2, б). Точки O , O' осциллограммы соответствуют напряженности $H=0$. При наложении на активную среду магнитного поля изменяются и мнимая, и действительная части ее поляризуемости, т. е. расщепляется контур усиления и наблюдается резонансный эффект Фарадея. В лазере с линейной амплитудной анизотропией оба эти фактора вызывают уменьшение мощности генерации (участки $O-I$, $O-I'$ осциллограммы), за исключением небольшой области напряженности H вблизи нулевых значений. Рост интенсивности излучения лазера в этой области обусловлен разрушением магнитным полем выстраивания атомных состояний [1]. При максимальных значениях $|H|$ (точки I , I' , I'') интенсивность генерации минимальна. Это связано с тем, что при используемых амплитудных значениях напряженности магнитного поля ($H_{\text{ампл}} = 9,95 \cdot 10^3 \text{ А/м}$) еще не происходит полного расщепления контура

усиления и, кроме того, угол резонансного поворота плоскости поляризации излучения в среде не достигает максимального значения. Таким образом, энергетические характеристики лазера с фазово-изотропным резонатором не позволяют судить о соотношении вкладов обеих частей поляризуемости среды в параметры генерации. Для выяснения этого вопроса необходимо создать циркулярную фазовую анизотропию резонатора постоянной величины — наложить постоянное продольное магнитное поле на фарадеевский элемент. При этом индуцируемая в активной среде циркулярная фазовая анизотропия может увеличивать или уменьшать на частотах усиления фазовую анизотропию резонатора, что соответствует одинаковым либо противоположным направлениям вращения плоскости поляризации излучения в среде и фарадеевском элементе. Первый случай отображен на участках $O-I$ и $O'-I''$, а второй — на участке $O-O'$ осциллограмм (рис. 2, в, г). Периодичность изменения мощности генерации при этом составляет 50 Гц .

Из данных рис. 2 видно, что с ростом фазовой анизотропии резонатора увеличивается глубина модуляции интенсивности генерируемого излучения при постоянной амплитуде напряженности магнитного поля в среде. Это обусловлено ростом крутизны зависимости энергетических характеристик лазера от величины фазовой анизотропии резонатора [1]. Чем больше последняя, тем сильнее влияет поворот плоскости поляризации излучения в активной среде на мощность генерации. Это справедли-

во до тех пор, пока величина фазовой анизотропии лазера не сравняется с величиной его амплитудной анизотропии.

Если поворот плоскости поляризации излучения в среде складывается с поворотом в фарадеевском элементе, повышение напряженности магнитного поля в ячейке вызывает монотонное падение интенсивности генерации. Если же эти повороты вычитаются, поведение энергетических характеристик зависит от параметров фарадеевского вращателя. При относительно небольших углах поворота в нем (см. рис. 2, в) мощность генерации вначале растет с увеличением напряженности магнитного поля (см. участок $O-I'$), причем сильнее, чем за счет разрушения выстраивания атомных состояний. В точках максимума фазовая анизотропия среды компенсирует на частотах усиления фазовую анизотропию резонатора. Дальнейшее возрастание напряженности H приводит к уменьшению интенсивности излучения лазера, и в точке I' , соответствующей значению $H_{\max}$, наблюдается минимум. При достаточно больших величинах фазовой анизотропии резонатора (см. рис. 2, г) этот минимум почти не заметен, а в максимуме мощность генерации уже существенно превосходит ее значение в отсутствие магнитного поля. Таким образом, при достаточной величине фазовой анизотропии резонатора и определенном направлении магнитного поля в активной среде лазера, соответствующем вычитанию углов поворота плоскости поляризации излучения в среде и фарадеевском элементе, мощность генерации возрастает, несмотря на то, что зеемановское расщепление контура усиления должно приводить к падению мощности излучения лазера с линейно-амплитудно-анизотропным резонатором. Это происходит из-за того, что в указанных условиях резонансное фарадеевское вращение плоскости поляризации излучения в активной среде сильнее влияет на энергетические характеристики генерации, чем зеемановское расщепление контура поглощения.

Приведенные экспериментальные данные указывают, что при определенном соотношении величин амплитудной и циркулярной фазовой анизотропии лазера, достаточной напряженности магнитного поля в среде изменение магнитным полем действительной части поляризуемости активной среды лазера может оказывать на энергетические характеристики генерации влияние, сравнимое или даже большее, чем влияние изменения мнимой части поляризуемости среды.

Авторы признательны А. П. Войтовичу и А. И. Комяку за обсуждение работы.

Список литературы

1. Войтович А. П. Магнитооптика газовых лазеров. Минск, 1984.
2. Войтович А. П., Павлющик А. А., Пантелеев С. В. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. № 1. С. 42.

Поступила в редакцию 22.09.86.

УДК 548.0:535.3

И. Я. ДУБОВСКАЯ, ЧЫОНГ БА ХА

О ДИФРАКЦИОННОМ ИЗЛУЧЕНИИ КАНАЛИРОВАННОЙ ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ

В рентгеновском диапазоне спектра структура кристалла влияет не только на движение излучающей частицы, но и на состояние излучаемого фотона, приводя при выполнении условий дифракции к появлению излучения под большим углом к направлению движения частицы [1]. Общие выражения для дифференциального сечения рентгеновского излучения при дифракции Лауэ и Брэгга в случаях осевого и плоскостного каналирования были получены в [2—4]. В настоящей работе рассмотрено угловое и спектральное распределение рентгеновского излучения, обра-