

А. П. Войтович

МАГНИТООПТИКА
ГАЗОВЫХ
ЛАЗЕРОВ



ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АН БССР

А. П. Войтович

**МАГНИТООПТИКА
ГАЗОВЫХ
ЛАЗЕРОВ**

МИНСК
«НАУКА И ТЕХНИКА»
1984

Войтович А. П. Магнитооптика газовых лазеров.— Мн.: Наука и техника, 1984.— 208 с.

В монографии на современном уровне изложены результаты исследований характеристик и устойчивости различных режимов работы газовых лазеров с активной (или поглощающей) средой в магнитном поле. Проанализированы возможности управления параметрами генерируемого излучения с помощью магнитного поля. Описаны резонансные фазово-поляризационные методы селекции частот генерации, основанные на использовании анизотропии, индуцируемой в усиливающей или поглощающей среде внешним полем, и пригодные для применения в лазерах с активными средами в любых агрегатных состояниях. Обсуждены вопросы нелинейной лазерной спектроскопии высокого разрешения.

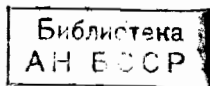
Книга предназначена для научных работников, аспирантов и студентов, специализирующихся в области квантовой электроники и лазерной спектроскопии, а также для инженеров, занимающихся разработкой газовых и другого типа лазеров и прецизионных приборов на их основе.

Табл. 2. Ил. 73. Библиогр.— 168 назв.

Редактор
член-корреспондент АН БССР
П. А. Апанасевич

Рецензенты:
Г. С. Круглик, д-р физ.-мат. наук,
В. А. Степанов, д-р физ.-мат. наук

БВ 26919



1704050000—120
В—————43—84
М316—84

ПРЕДИСЛОВИЕ

Более чем за двадцать лет интенсивного развития объем знаний в лазерной физике чрезвычайно вырос. Этот процесс сопровождался определенной дифференциацией квантовой электроники оптического диапазона и ее интерференцией со смежными областями физики, что стимулировало их быстрое развитие и обновление. Особенно плодотворно взаимодействовали лазерная физика и оптика, что привело к появлению новых направлений на стыке этих двух областей.

В газовых лазерах для различных целей используется магнитное поле, наложенное на усиливающую или поглощающую среду. Для некоторых лазеров оно является необходимым условием оптимальной работы. Возникающие в магнитном поле явления Зеемана, Фарадея, Коттона—Муттона приводят к магнитооптическим эффектам, оказывающим влияние на все характеристики генерируемого излучения. Их изучение позволяет получить более полную информацию о физических процессах в лазерах. Многие из обсуждаемых в данной работе результатов достаточно общи и применимы к лазерам с активными средами в других (не газовых) агрегатных состояниях; а также к лазерам, на активную или поглощающую среду которых воздействует не магнитное, а поле другого типа. Некоторые из примеров, иллюстрирующих такую общность, приведены в гл. 5. В этой связи обобщение результатов по магнитооптике газовых лазеров представляется полезным и актуальным.

Влияние магнитного поля на параметры генерируемого излучения существенно зависит от анизотропии резонатора лазера. Это определило последовательность изложения материала: вначале лазеры с изотропным резонатором и с совпадающими базисами анизотропии активной среды и резонатора, а затем лазеры с анизотропными резонаторами. Этим вопросам предшествует рассмотрение влияния нелинейных свойств активных сред на поляризационно-амплитудные характеристики генерации в отсутствие внешних полей, поскольку эти же свойства сказываются на характеристиках лазеров, помещенных в магнитное поле.

Параллельно с физическими причинами изменения параметров генерации магнитным полем обсуждаются возможности практического применения этих изменений. В последней главе изложены результаты исследований управления спектром генерации

с помощью магнитного поля, поскольку последнее для этих целей используется особенно эффективно.

Большинство конкретных вопросов рассмотрено в предположении, что движение частиц в активной среде приводит к существенному доплеровскому уширению контуров усиления. Это соответствует ситуации, характерной для большинства практически интересных лазеров. Кроме того, в таком случае проявления нелинейных свойств активных (поглощающих) сред в характеристиках генерируемого излучения более интересны и многообразны, чем при однородном уширении контуров усиления (поглощения). По физической сути эти свойства аналогичны используемым в нелинейной внутридоплеровской спектроскопии высокого разрешения.

Выражаю глубокую признательность академику Н. А. Борисуевичу за поддержку работы и многочисленные полезные обсуждения ее результатов. Сердечно благодарю редактора П. А. Апанасевича и А. Я. Смирнова за обсуждение общего плана изложения и ценные замечания, а также рецензентов Г. С. Круглика и В. А. Степанова за советы, способствующие улучшению книги.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

Глава 1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

§ 1.1. Принципы построения полуклассической самосогласованной теории газовых лазеров	5
§ 1.2. Уравнения для амплитуд и частот генерируемого излучения	6
§ 1.3. Методика расчета поляризации среды	9
§ 1.4. Матрица плотности в представлении неприводимых тензорных операторов	13
§ 1.5. Упрощенный метод определения параметров генерируемого излучения, учитывающий только изменение населенностей уровней	18
§ 1.6. Расчет параметров лазера с помощью матриц Джонса	22

Глава 2. ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ В ОТСУТСТВИЕ ВНЕШНИХ ПОЛЕЙ

§ 2.1. Поляризация излучения одночастотных лазеров с изотропными резонатором и накачкой	25
§ 2.2. Интенсивность одночастотной генерации волн различной поляризации	34
§ 2.3. О поляризации излучения, генерируемого на связанных переходах и лазерами с поглощающей ячейкой	41

Глава 3. МАГНИТООПТИКА ЛАЗЕРОВ С ИЗОТРОПНЫМ РЕЗОНАТОРОМ И СОВПАДАЮЩИМИ БАЗИСАМИ АНИЗОТРОПИИ УСИЛИВАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РЕЗОНАТОРА

§ 3.1. Явление Зеемана и его влияние на характеристики лазера с изотропным резонатором	43
§ 3.2. Ненасыщенный коэффициент усиления в лазерах с активной средой в магнитном поле	47
§ 3.3. Поляризационно-амплитудные характеристики лазеров в продольном магнитном поле	54
§ 3.4. Влияние продольного магнитного поля на интенсивность генерации	61
§ 3.5. Изменение частот генерируемых волн продольным магнитным полем	75
§ 3.6. Поляризация среды в поперечном магнитном поле	81
§ 3.7. Характеристики лазеров в поперечном магнитном поле	87
§ 3.8. Кольцевой лазер в магнитном поле	96
§ 3.9. Лазер с произвольным направлением магнитного поля	109

Глава 4. МАГНИТООПТИКА ЛАЗЕРОВ С НЕСОВПАДАЮЩИМИ БАЗИСАМИ АНИЗОТРОПИИ РЕЗОНАТОРА И АКТИВНОЙ СРЕДЫ

§ 4.1. Уравнения для амплитуд и частот генерируемого излучения	112
§ 4.2. Анализ характеристик лазеров с несовпадающими базисами анизотропии усиливающей среды и резонатора в линейном по световому полю приближении	116
§ 4.3. Одночастотный лазер в продольном магнитном поле	123

§ 4.4.	Многочастотный лазер в продольном магнитном поле	135
§ 4.5.	Влияние анизотропии, индуцируемой в активной среде продольным магнитным полем, на характеристики генерируемого излучения (результаты экспериментального исследования)	147
§ 4.6.	Лазер с активной средой в поперечном магнитном поле	150
§ 4.7.	Кольцевой лазер с анизотропным резонатором	155
§ 4.8.	Взаимодействие волн в лазерах на связанных переходах	160
§ 4.9.	Самосинхронизация мод в лазерах с магнитным полем	163
§ 4.10.	Бистабильность в лазерах с магнитным полем	169

Глава 5. УПРАВЛЕНИЕ СПЕКТРОМ ГЕНЕРИРУЕМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

§ 5.1.	Усиление взаимодействия и подавление поперечных мод магнитным полем	177
§ 5.2.	Взаимодействие волн и селекция частот в лазерах с нелинейно поглощающей ячейкой в магнитном поле	180
§ 5.3.	Резонансные фазово-поляризационные методы селекции частот	186
§ 5.4.	О применении фазово-поляризационных методов для управления спектром излучения лазеров с широкой полосой усиления	194
Литература		199

Александр Павлович Войтович МАГНИТООПТИКА ГАЗОВЫХ ЛАЗЕРОВ

Заведующий редакцией *Л. Ю. Бельзакская*. Редактор *И. А. Шарафанович*. Художник *А. Ф. Корсун*. Художественный редактор *В. В. Савченко*. Технический редактор *С. А. Курган*. Корректор *Л. П. Шуваева*.

ИБ № 1540

Печатается по постановлению РИСО АН БССР. Сдано в набор 21.02.84. Подписано в печать 03.08.84. АТ 15155. Формат 60×90/16. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л. 13,0. Усл. кр.-отт. 13,0. Уч.-изд. л. 13,0. Тираж 4500 экз. Зак. № 258. Цена 2 р. Издательство «Наука и техника» Академии наук БССР и Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220606. Минск, Ленинский проспект, 63. Типография им. Франциска (Герсия) Скорых издательства «Наука и техника». 220600. Минск, Ленинский проспект, 68.