

УДК 535.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ПРОЦЕССА ИЗЛУЧЕНИЯ  
В НЕСТАБИЛИЗИРОВАННОМ ЛАЗЕРЕВ. Ф. ПОЗДНЯКОВ, Е. В. ПОЗДНЯКОВА  
Белорусско-Российский университет  
Могилев, Беларусь

Важной задачей при создании интерферометрических преобразователей является выбор источника оптического когерентного излучения. Это связано в основном с двумя проблемами: обеспечением требуемого диапазона и заданной точности измерений. Определяющими факторами в данном случае являются модовый состав излучения лазера, ширина линии излучения  $\Delta\lambda$  и стабильность длины волны  $\lambda$ . Наилучшие результаты могут быть получены при использовании лазерных источников излучения со стабилизированной частотой, в которых обеспечивается генерация на одной аксиальной моде. Положение моды по профилю усиления активной среды фиксируется с помощью специальных схем синхронизации, введенных в резонатор лазера. При этом могут быть созданы источники излучения, у которых  $\Delta\lambda$  близка к теоретическому пределу – ширине моды резонатора [1].

Однако стабилизированные лазеры обладают рядом недостатков, которые ограничивают их применение в интерферометрических преобразователях, используемых в качестве первичных в автоматизированных средствах контроля геометрических параметров изделий. Нестабилизированные лазеры имеют точность воспроизведения частоты  $(0,5...1) \cdot 10^{-6}$ , что обеспечивает относительную точность измерений  $1,5 \cdot 10^{-5}$ . При этом срок службы и надежность их значительно выше, чем стабилизированных лазеров, и практическое применение экономически выгодно. Однако в этом случае необходим ряд теоретических и экспериментальных исследований для изыскания возможности их применения и обеспечения требуемых метрологических характеристик преобразователя.

Модовый состав «пустого» пассивного резонатора определяется его конфигурацией и геометрическими параметрами. В лазере способны возбуждаться колебания только тех частот, для которых в пределах спектра люминесценции активной среды ее коэффициент усиления превышает уровень потерь. Таким образом, в идеальном лазере возбуждается дискретный ряд частот, расстояния между которыми постоянны и фиксированы [2].

Форма спектра люминесценции газовых лазеров определяется доплеровским взаимодействием движущихся частиц и имеет вид неоднородно уширенной линии, в которой вклад в частоты определяется различными излучающими центрами.

Ширина участка, в пределах которого происходит генерация, определяется значениями формы спектра излучения превышающими уровень суммарных потерь в резонаторе как за счет ввода излучения, так и обусловленных иными факторами (рассеяние, дифракционные явления и др.).

Однако в реальном лазере невозможно реализовать оптимальные условия, поскольку его параметры являются случайными функциями времени. В процессе

работы изменяется длина резонатора, расширяется станина резонатора вследствие измерения температуры, а показатель преломления среды является пространственно неоднородной и частотно-зависимой величиной.

Изменение длины резонатора приводит к непрерывному изменению частоты  $\Delta\omega$  в пределах генерации активной среды, при этом число мод периодически изменяется на одну в ту или иную сторону.

Известно, что показатель преломления активной среды в резонаторе лазера является функцией частоты, что также влияет на стабильность излучения.

Таким образом, реальные моды в лазере сдвигаются относительно эквидистантной гребенки пустого резонатора в сторону центральной линии генерации активной среды.

Наиболее широко используемые в настоящее время лазеры, излучающие на длине волны  $\lambda = 0,6328$  мкм, имеют ширину доплеровской, однородно уширенной линии  $\approx 1500$  МГц. Число излучаемых такими лазерами продольных мод существенно различается и может достигать до двадцати и более. В то же время разумным выбором длины резонатора и величины потерь можно добиться того, чтобы одновременно возбуждалось не более двух продольных мод. Теоретически можно обеспечить и одночастотную генерацию, однако при этом резко упадет мощность излучения, поскольку она пропорциональна длине активной среды и возможен срыв генерации. Двухмодовым составом излучения обладают многие «короткие», серийно выпускаемые гелий-неоновые лазеры.

Суммарный уровень потерь и усиление на длине перехода у этих лазеров таковы, что в пределы профиля генерации попадает одновременно не более двух аксиальных мод.

С момента выхода одной из частот за пределы режима генерации устанавливается одночастотный режим. При этом мода проходит определенный частотный интервал, а затем вновь воспроизводится двухмодовая структура при измененных значениях влияющих параметров.

Изменение модовой структуры естественным образом влияет на распределение светового поля вне резонатора. В интерферометрических преобразователях этот процесс выражается в пространственной и временной нестабильности интерференционной картины, в реальном измерительном устройстве к потере информации и ограничивает метрологические характеристики средств измерений.

Однако при небольших диапазонах измерений (до 300 мм), при использовании определенных схемных решений, возможно использование таких лазеров в интерферометрических преобразователях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реди, Дж. Промышленное применение лазеров / Дж. Реди. – М. : Мир, 1981. – 638 с.
2. Тарасов, Л. В. Физика процессов в генераторах когерентного оптического излучения / Л. В. Тарасов. – М. : Радио и связь, 1981. – 446 с.