

А.В. Исаков, В.В. Морозов, А.Г. Петренко, В.В. Рейно, Р.Ш. Цвык

ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИКИ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ ИК-ЛАЗЕРОВ ТЕПЛОВИЗИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Приведена методика применения автоматизированной тепловизионной системы для измерения динамики спектрального состава излучения СО-лазера. Обсуждаются результаты измерений, сопоставляются с литературными данными. Показана сложность и изменчивость спектра излучения.

Определение спектрального состава излучения и его динамики во времени является необходимым условием при исследовании процессов генерации инфракрасных лазеров, для оценки влияния атмосферы на лазерное излучение и т.п.

В данной статье приведены результаты применения автоматизированной тепловизионной системы для измерения динамики спектрального состава излучения непрерывного СО-лазера. Методика измерений состоит в следующем. Часть излучения с выхода лазера, отраженная поверхностью клина из CaF_2 направлялась в панорамный анализатор спектра, в котором в качестве диспергирующего элемента использовалась дифракционная решетка. В плоскости изображения спектра устанавливалась горизонтальная щель высотой 10 мм, вырезающая только изображение спектра. Щель закрыта матовой лавсановой пленкой, используемой в качестве экрана, с коэффициентом пропускания 0,5 в диапазоне 5 мкм.

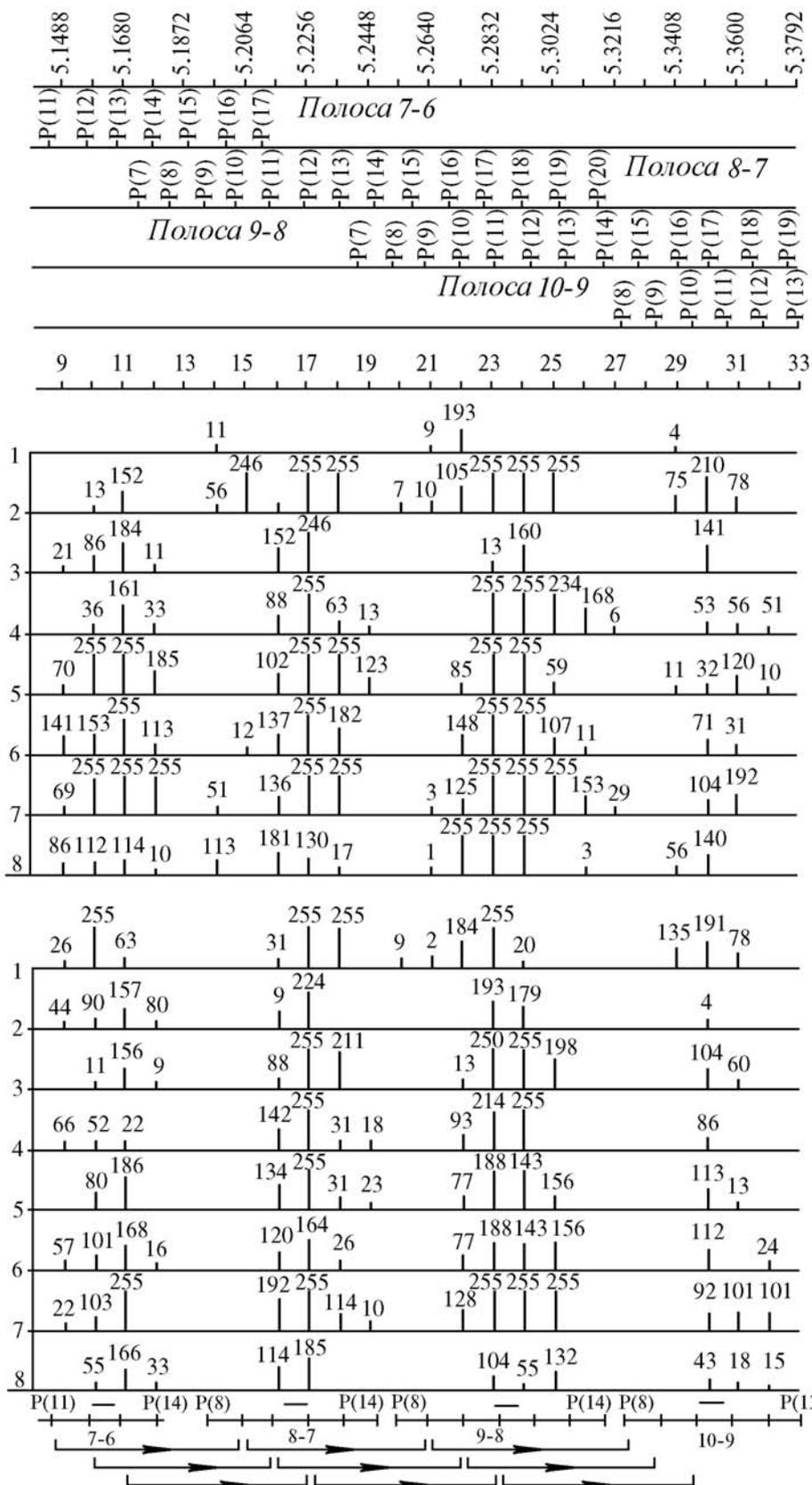
Регистрация спектров производилась с помощью тепловизора ТВ-03 (рабочий диапазон длины волн 3 – 5,5 мкм), подключенного через блок регистрации информации к ЭВМ. Блок включает в себя АЦП, программируемую систему управления преобразованием сигнала, буферную память, в которой регистрируется информация с тепловизора. При этом тепловизором строилось и преобразовывалось в электрический сигнал изображение спектров на лавсановой пленке, частота кадров 16 Гц, формат кадра при регистрации 50×50 элементов. Для привязки спектров по длинам волн использовались два репера (малогабаритные лампочки), установленные за экраном в 16 и 17 порядке He–Ne-лазера, который применялся для юстировки всей системы. Реперные точки соответствовали длинам волн 5,0624 и 5,3788 мкм. При регистрации между реперными точками располагались 33 элемента (отсчета), что соответствовало 0,0096 мкм между двумя отсчетами в изображении спектра. На данном этапе решалась задача – отработка методики измерений, поэтому нелинейность изображения по строке (по пространственному разрешению и чувствительности) не исследовалась.

На рисунке представлены результаты 2-х измерений динамики спектрального состава излучения СО-лазера с начала генерации.

В верхней части рисунка приведены следующие шкалы : 1 – шкала длин волн (5,1488–5,3792 мкм), соответствующая положению элементов в строке; 2, 3, 4, 5 – шкала возможных переходов при генерации СО-лазеров (взята из [1]). Переходы обозначены на шкале в соответствии с длинами волн, 6 – номер зарегистрированной точки (элемента) в изображении относительно репера 5,0624 мкм.

Вертикальными линиями обозначены линии генерации и их амплитуда в относительных единицах. Значение амплитуды 255 соответствует пределу преобразования АЦП, т.е. интенсивность отдельных линий превышает верхний предел диапазона регистрации. Длительность считывания одного спектра – $0,6 \cdot 10^{-3}$ с, интервал времени между спектрами $\Delta t = N \cdot 0,0625$ с, где N – номер спектра (кадра), указанный на левой стороне рисунка.

В нижней части рисунка приведены положения известных линий генерации $P(K)$ близкого по характеристикам СО-лазера в полосах 7–6, 8–7, 9–8, 10–9, взятых из [1]. Линиями со стрелками обозначены известные для СО-лазеров переходы при каскадной генерации.



Динамика спектра излучения CO – лазера

Из анализа полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. Спектр излучения СО-лазера содержит большое количество линий излучения и быстро изменяется во времени при установлении генерации. Некоторые линии появляются и исчезают во время генерации. Например линия $P(11)$ полосы 7–6; $P(9)$, $P(10)$, $P(14)$ – полосы 8–7; $P(8)$, $P(9)$, $P(10)$, $P(13)$ – полосы 9–8 и другие.

2. Основная доля энергии сосредоточена в 7 – 10 основных линиях. В данных экспериментах к ним можно отнести следующие:

полоса 7–6	полоса 8–7	полоса 9–8	полоса 10–9
$P(12) - 5,1969$	$P(11) - 5,2141$	$P(10) - 5,2738$	–
$P(13) - 5,1666$	$P(12) - 5,2250$	$P(11) - 5,2847$	$P(10) - 5,3459$
–	$P(13) - 5,2360$	$P(13) - 5,2937$	$P(11) - 5,3969$
–	–	$P(13) - 5,3069$	–

Эти полосы и линии генерации совпадают или близки к известным в литературе [1] и полностью совпадают с каскадными переходами для СО-лазеров.

Таким образом, результаты измерений позволяют сделать четкий вывод о широких возможностях применения автоматизированных тепловизионных систем для исследования динамики изменения спектрального состава излучения непрерывного СО-лазера. При этом достигается достаточно высокая разрешающая способность, быстродействие, упрощается процесс калибровки и обработки результатов измерений. При необходимости возможно повысить быстродействие до 1600 измерений в секунду, за счет перехода к однострочному режиму развертки, требующему внесения изменений в тепловизор. Кроме того, методика применима и для исследования динамики СО₂-лазеров, при использовании тепловизора и анализатора спектра, работающих в диапазоне 8–12 мкм. Разработанная система автоматизации позволяет зарегистрировать от 104 до 208 спектров при работе в кадровом режиме и до 10 000 – в однострочном режиме. Причем за счет программируемого режима преобразования время регистрации двумя спектрами может изменяться от 0,06 с до нескольких секунд.

1. С п р а в о ч н и к по лазерам. Т. 1 / Перевод под ред. А.М. Прохорова. М.: Сов. Радио, 1978. 503 с.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
30 декабря 1992 г.

A.V. Isakov, V.V. Morozov, A.G. Petrenko, V.V. Reino, R.Sh. Tsvyk. Measurements of the IR-lasers Emission Spectral Composition Dynamics by Thermal Vision Techniques.

A technique of using an automated thermal vision system for measuring the dynamics of spectral composition of a CO-laser radiation is described. Some measurement results and their comparison with literature data are discussed. A complex and variable behavior of the laser emission spectrum is clearly demonstrated.