

УДК 535.3:574

## ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ДВУХЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ ЛИДАРА В СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ 9 – 13.5 МКМ

Б. И. Васильев, А. А. Желтухин<sup>1</sup>, У. М. Маннун<sup>1</sup>

*Предложена оптическая схема двухчастотного лидара, работающего в спектральном диапазоне 9 – 13.5 мкм с автоматическим совмещением двух лазерных пучков с различной длиной волны.*

В последнее время все больше внимания уделяется экологическим проблемам. Постоянное совершенствование техники, в частности лазерной, позволило приступить к разработке приборов, позволяющих своевременно определять и устранять причины и источники загрязнения окружающей среды. Для этих целей лазерные комплексы должны развиваться в направлении создания систем для дистанционного обнаружения источников выбросов вредных веществ в атмосферу (лидары) в новых более широких спектральных диапазонах.

Лидар – это лазерная система для зондирования атмосферы, с помощью которой можно оперативно и на значительном удалении от наблюдателя обнаруживать наличие в атмосфере газовых примесей, а также определять их концентрацию [1]. Действие лидара основано на избирательном поглощении зондирующего лазерного излучения молекулами газовых примесей. Высокая монохроматичность лазерного излучения позволяет определять концентрацию загрязняющих атмосферу газов, обладающих узкими не перекрывающимися линиями поглощения. Как правило, для этого применяется дифференциальный метод поглощения и рассеяния (ДПР или DIAL), заключающийся в измерении коэффициента поглощения излучения лазера на двух близких длинах волн,

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт.

одна из которых находится вблизи максимума линии поглощения, а другая – на ее крыле. Мы рассматриваем двухчастотный лидар, у которого одна из частот используется в качестве опорной, а вторая как зондирующая.

В работе [2] предлагалось использовать перестраиваемый аммиачный лазер, генерирующий в диапазоне от 11 до 13.5 мкм и возбуждаемый излучением  $CO_2$  лазера (линия  $9R(30)$ ,  $\lambda = 9.22$  мкм), в качестве излучателя лидара. Такой выбор обусловлен тем, что указанные длины волн находятся в окне прозрачности атмосферы, т.е. не поглощаются основными компонентами воздуха и в то же время сильно поглощаются молекулами органических примесей (загрязнителей). Сочетание  $CO_2$  и  $NH_3$  лазеров в излучающей системе лидара позволяет перекрыть спектральный диапазон от 9 до 13.5 мкм.

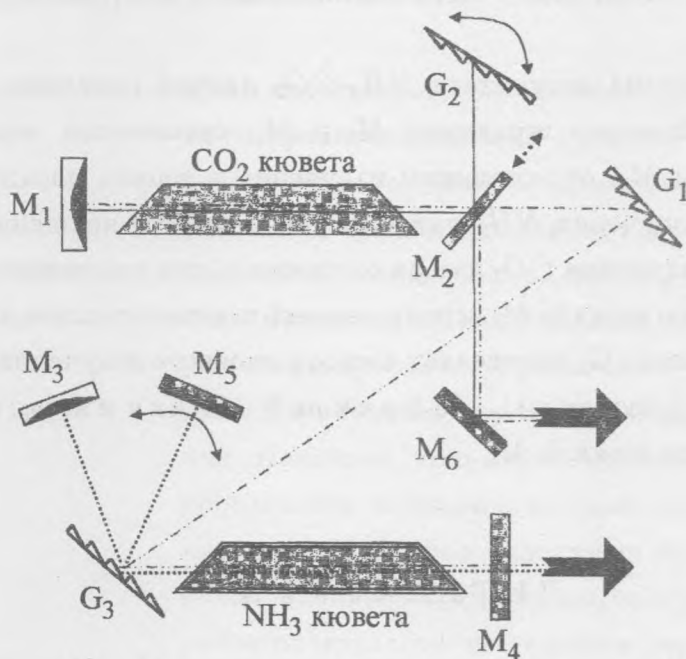


Рис. 1. Оптическая схема излучателя  $NH_3-CO_2$  лидара.

При создании двухчастотного лидара возникают определенные трудности по обеспечению колинеарности распространения световых пучков двух различных частот. В работе [3] была предложена оптическая схема двухчастотного  $NH_3-CO_2$  лидара, где совмещение пучков осуществлялось автоматически внутри  $NH_3$  кюветы для спектрального диапазона 11 – 13.5 мкм. В спектральном диапазоне 9 – 11 мкм для реализации двухчастотного режима использовались два независимых модуля  $CO_2$  лазера [4], причем при совмещении двух пространственно разделенных лазерных пучков неизбежно

возникают потери излучения, что приводит к снижению дальности действия прибора.

Мы предлагаем для обеспечения работы  $CO_2$  лазера на двух частотах использовать в качестве выходного зеркала интерферометр Майкельсона, причем его зеркалами являются дифракционные решетки  $G_1$  и  $G_2$  (рис. 1), настроенные на различные длины волн. В этом случае двухчастотное излучение выходит из полупрозрачного зеркала интерферометра  $M_2$ , и обе его спектральные компоненты распространяются коллинеарно.

Первые эксперименты показали, что такая схема  $CO_2$  лазера позволяет получить световой пучок, состоящий из излучения двух длин волн, если  $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 > 50 \text{ см}^{-1}$ . В случае если частоты, на которые настроены решетки, близки, световой пучок состоит из одной спектральной компоненты промежуточной частоты. Следует отметить, что аналогичная оптическая схема может быть использована и для ряда других источников лазерного излучения.

Полная оптическая схема излучателя  $NH_3-CO_2$  лидара приведена на рис. 1. Резонатор  $NH_3$  лазера образован зеркалами  $M_3$  и  $M_4$ , связанными через "0" порядок решетки  $G_3$ , и зеркалом  $M_5$ , отражающим излучение в первом порядке решетки  $G_3$ . Перестройка частоты излучения  $NH_3$  лазера осуществляется вращением зеркала  $M_5$ . Перестройка частоты излучения  $CO_2$  лазера осуществляется вращением решетки  $G_2$ . В качестве полупрозрачного зеркала  $M_2$  использовалась плоскопараллельная пластинка из  $Si$ , толщиной 1 мм. Решетка  $G_1$  определяет частоту опорного излучения. Переключение диапазона генерации излучателя с 11 – 13.5 мкм на 9 – 11 мкм и назад осуществляется введением или удалением зеркала  $M_2$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Межерис Р. Лазерное зондирование атмосферы. М., Мир, 1987.
- [2] Васильев Б. И., Ястребков А. Б. Известия Академии Наук, сер. физическая, **58**, N 2, 202 (1994).
- [3] Васильев Б. И., Вхан Чо Чен. Квантовая электроника, **30**, N 12, 1105 (2000).
- [4] Andreev Y. V., Geiko P. P., Sherstov I. V. SPIE, **3983**, 386 (1999).

Поступила в редакцию 23 апреля 2004 г.