

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

А.Н. Колеров

**ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ВРЛ-СПЕКТРОАНАЛИЗАТОР,
РАБОТАЮЩИЙ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН 770–820 НМ**

На два порядка увеличена чувствительность ВРЛ-спектроанализатора, работающего в ближнем ИК-диапазоне ($\Delta\lambda \sim 770\text{--}820\text{ нм}$). С его помощью зарегистрированы 132 новые линии поглощения в спектральном диапазоне, относящемся к «окнам прозрачности» атмосферы.

Внутрирезонаторный лазерный (ВРЛ) спектроанализатор на основе лазера с ГСГГ: Cr^{3+} [1], обладающий чувствительностью по коэффициенту поглощения $\kappa \sim 10^{-6}\text{ см}^{-1}$, позволял регистрировать линии поглощения в диапазоне $\Delta\lambda \sim 770\text{--}820\text{ нм}$. Эта спектральная область относится к «окнам прозрачности» атмосферы и для детального анализа тонкой структуры линий требуется аппаратура с высокой чувствительностью. Ранее [2], используя спектроанализатор на основе $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}^{3+}$, удалось повысить чувствительность ВРЛ-спектроскопии в этом диапазоне до $\kappa \sim 10^{-8}\text{ см}^{-1}$. Однако лазер с таким кристаллом обладает рядом специфических особенностей, осложняющих его использование при измерениях (малое время жизни возбужденного состояния $\tau \sim 4\text{ мкс}$, необходимость использования «спектральных трансформаторов» [2] при ламповой накачке и др.). Поэтому в данной статье рассматривается возможность получения более высокой чувствительности ВРЛ-спектроанализатора на основе квазинепрерывного лазера с ГСГГ: Cr^{3+} .

Оптическая схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Основу лазера составлял кристалл ГСГГ: Cr^{3+} диаметром 6 мм и длиной 65 мм, помещенный в кварцевый посеребренный отражатель, охлаждаемый жидким хладагентом с добавками органических красителей R6G и OX-17. Кристалл возбуждался одной или двумя ксеноновыми лампами при максимальной энергии электрической накачки $W \leq 2\text{ кДж}$. Для получения конфигурации резонатора, близкой к конфокальной, использовались сферические зеркала (или плоские в комбинации с обычными, а также слабопоглощающими линзами). Спектральные коэффициенты отражения используемых зеркал достигали 100% в диапазоне $\Delta\lambda \sim 700\text{--}900\text{ нм}$.

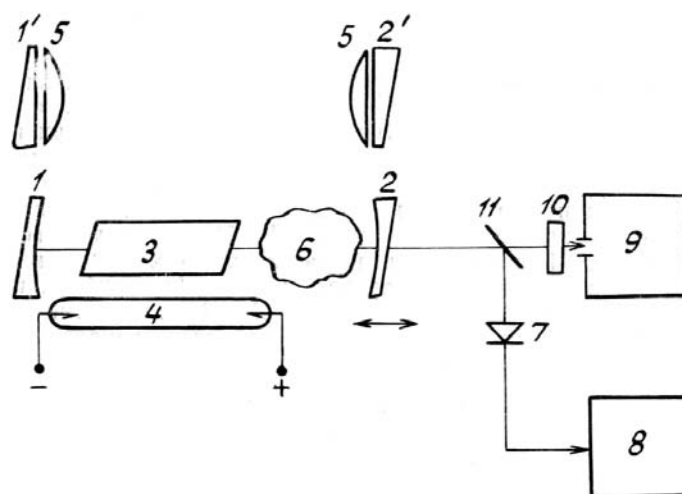


Рис. 1. Оптическая схема установки: 1, 2 – зеркала резонатора; 3 – активная среда; 4 – ксеноновая лампа; 5 – линзы; 6 – исследуемый объект; 7 – фотоприемник; 8 – запоминающий осциллограф; 9 – спектрограф; 10 – светофильтр; 11 – делительная пластина

Выбор интервала длин волн для работы спектроанализатора осуществлялся заменой зеркал с соответствующими спектральными коэффициентами отражения. Кинетика импульса генерации регистрировалась фотоприемником с последующей фиксацией на запоминающем осциллографе. Это позволяло экспериментально регистрировать значение длительности квазинепрерывной генерации, определяющей, в конечном итоге, чувствительность ВРЛ-спектроанализатора. Спектр излучения лазера ре-

гистрировалсяна фотоленку И-810 после спектрографа ($R \sim 6 \times 10^5$, $D \sim 1$ нм/см). Для устранения возможных паразитных световых засветок на входе спектрографа устанавливались фильтры СЗС-20 и КС-19, которые отсекали излучение с $\lambda \leq 720$ нм.

Основные результаты, полученные в эксперименте, заключались в следующем. В режиме свободной генерации лазера длительность отдельного пичка не превышала 1–3 мкс при общей длительности всего импульса порядка 150–200 мкс. Максимально достигнутая чувствительность спектроанализатора в этом случае, с учетом 20%-го разрешения линии поглощения, не превышала $\sim 3 \cdot 10^{-6}$ см⁻¹ [1]. Изменение базового расстояния ($L \sim 0,5–1$ м) резонатора и скорости накачки, как и в [2, 3], приводило к преобразованию режима свободной генерации в квазинепрерывный. Это, в свою очередь, вызывало рост длительности импульса квазинепрерывной генерации и увеличение чувствительности ВРЛ-спектроанализатора.

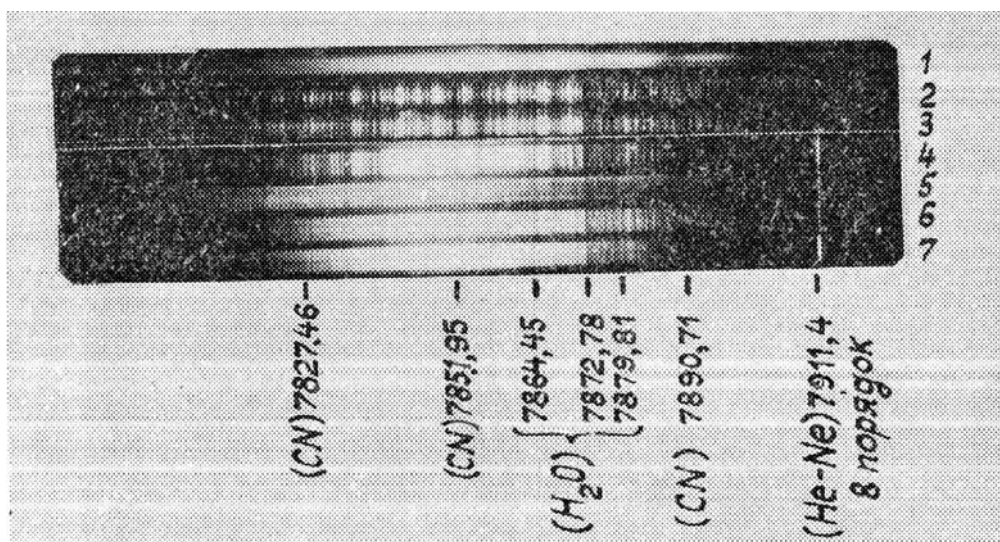


Рис. 2. Фрагменты спектров поглощения: 1– $\Delta \sim 100\%$ ($\kappa \sim 10^{-6}$ см⁻¹); 2– $\Delta \sim 10\%$ ($\kappa \sim 10^{-8}$ см⁻¹); 3– $\Delta \sim 20\%$ ($\kappa \sim 3 \cdot 10^{-8}$ см⁻¹); 4– $\Delta \sim 40\%$ ($\kappa \sim 8 \cdot 10^{-8}$ см⁻¹); 5– $\Delta \sim 60\%$ ($\kappa \sim 10^{-7}$ см⁻¹); 6– $\Delta \sim 80\%$ ($\kappa \sim 5 \cdot 10^{-7}$ см⁻¹); 7– $\Delta \sim 90\%$ ($\kappa \sim 8 \cdot 10^{-7}$ см⁻¹)

По мере изменения конфигурации резонатора и приближения ее к конфокальной происходило изменение глубины амплитудных пульсаций импульса генерации, а в спектре излучения регистрировались все более слабые линии поглощения атмосферного воздуха (рис. 2). Причем при глубине амплитудных пульсаций $\Delta \sim 30–40\%$ регистрировались линии поглощения, обнаружительная чувствительность для которых была ниже значений $\kappa \sim 5 \cdot 10^{-8}$ см⁻¹, указанных в атласах [4–5]. При $\Delta \sim 15–20\%$ зарегистрирован ряд линий поглощения, отсутствующих в атласах [4, 5], что свидетельствует о достижении чувствительности ВРЛ-спектроанализатора на уровне $\kappa \sim 10^{-8}$ см⁻¹. Линии поглощения, соответствующие спектрам рис. 2, приведены ниже (идентификация известных линий приведена по [4, 5]). На небольшом участке ($\delta\lambda \sim 8$ нм) зарегистрированы 132 новые линии поглощения. Таким образом, созданный спектроанализатор может найти применение в аналитической спектроскопии.

789,637	789,369 CN	789,101 H ₂ O	788,712 H ₂ O	788,346
789,602 H ₂ O	789,348 H ₂ O	789,071 CN	788,682 H ₂ O	788,309 CN
789,581	789,311	788,997	788,623 H ₂ O	788,290 CN
789,555 H ₂ O	789,284 CN	788,941 H ₂ O	788,574	788,233 CN
789,513 CN	789,249	788,907	788,528 CN	788,210 CN
789,486 H ₂ O	789,212 CN	788,882 H ₂ O	788,505 H ₂ O	788,930 H ₂ O
789,451	789,187 H ₂ O	788,847	788,446 CN	788,163
789,412 CN	789,161	788,815	788,422	788,089
789,407 CN	789,111 H ₂ O	788,779 CN	788,361 CN	788,073 H ₂ O
788,040 CN	786,908	785,807	784,661	783,178
787,987 H ₂ O	786,861 CN	785,750	784,627 H ₂ O	783,150
787,935	786,818	785,703	784,591	783,098
787,895 CN	786,803	785,663	784,551	783,077 CN
787,871	786,759 CN	785,647	784,514	783,046
787,829	786,733 CN	785,596	784,484	783,009
787,811	786,702	785,559	784,444	782,971
787,780	786,667 H ₂ O	785,506	784,357	782,925
787,734	786,608 H ₂ O	785,467	784,260	782,893
787,709 CN	786,567	785,437 CN?	784,209	782,847
787,671 H ₂ O	786,515	785,401 H ₂ O	784,174	782,746 CN

787,653	H ₂ O	786,494	785,379	784,152	782,702
787,608	H ₂ O	786,469	785,346	784,113	782,635 CN
787,589	CN	786,445 H ₂ O	785,313	784,053	782,606
787,531	H ₂ O	786,428	785,255	784,015	782,583
787,990	CN	786,375	785,229	783,962 H ₂ O	782,561
787,450		786,375	785,195 CN	783,895	782,521
787,433		786,321 H ₂ O	785,171	783,880	782,453
787,405		786,309	785,145	783,837	782,418 CN
787,395	CN	786,270	785,129	783,811	782,387
787,337	CN	786,236	785,087	783,777	782,321
787,301		786,206	785,049 CN	783,740	782,298
787,278	H ₂ O	786,188 CN?	785,029 CN	783,709	782,177 CN
787,265	CN	786,127	784,995 CN	783,670 CN	782,125
787,201		786,104	784,938	783,643	782,074
787,168		786,076 H ₂ O	784,903 CN	783,578 CN?	782,041
787,141		786,015	784,875 H ₂ O	783,562 CN	781,965
787,114		785,983	784,847	783,460 CN	781,950
787,056	H ₂ O	785,947 CN	784,838	783,414	781,923
787,009		785,915	784,797	783,374	781,902
786,991	H ₂ O	785,882 CN	784,764 CN?	783,351	781,857
786,962		785,849	784,735	783,314	781,817
786,950		785,826	784,691	783,251	781,724 CN

Примечание. Длина волн в нанометрах.

1. Жариков Е.В., Колеров А.Н., Лаптев В.В. и др. // Докл. АН СССР. 1985. Т. 285. № 1. С. 92–95.
2. Колеров А.Н. // ЖПС. 1986. Т. 44. № 3. С. 363–368.
3. Колеров А.Н. // ЖПС. 1986. Т. 45. № 1. С. 135–139.
4. Swenson J.W., Benedict W.S., Delbouille L. et al. // The Solar spectrum from $\lambda 7498$ to $\lambda 12016$. Liege. 1970.
5. Moore C.E., Minneart M.G.J., Hautgast J. // The Solar spectrum from $\lambda 2935$ to $\lambda 8770$. N. B. S. Monograph 61. Washington. 1966.

Всесоюзный научно-исследовательский институт
физико-технических и радио-технических измерений, Москва

Поступило в редакцию
25 декабря 1989 г.

A. N. K o l e r o v. Highly Sensitive Nutracavity Laser Spectrometer.

The sensitivity of an intracavity laser spectrometer has been increased by two orders of magnitude in the near IR ($\lambda \sim 770-820$ nm). Using this spectrometer 132 new absorption lines have been recorded in this spectral interval which is normally considered as an atmospheric transmission window.