

Е.П. Гордов, Г.Г. Матвиенко, В.С. Рыбалко,
В.А. Сенников, А.В. Хачатурян, В.Г. Хачатурян

АВТОДИННЫЙ ИМПУЛЬСНО-НЕПРЕРЫВНЫЙ ЛИДАР НА Nd-YAG-ЛАЗЕРАХ

Система оптически связанных импульсного и непрерывного Nd-YAG-лазеров используется как автодинный лидар. Исследовано поведение интенсивности эхосигнала, инжектированного в непрерывный лазер, при различных режимах его работы. Показано, что импульсно-непрерывный лидар на Nd-YAG-лазерах обладает высокой чувствительностью к эхосигналу, инжектированному в автодинный лидар.

В [1] была предложена модель гибридного автодинного лидара на CO_2 -лазере, объединяющая преимущества автодинных непрерывных лидаров [2–5] и импульсных [6]. Было показано, что гибридная конфигурация позволяет значительно увеличить чувствительность к эхосигналу.

В настоящее время в лидарах широко применяются твердотельные лазеры [7]. В связи с этим мы исследовали возможность создания импульсно-непрерывного автодинного лидара на Nd-YAG-лазерах. Полное копирование гибридной схемы [1] в нашем случае невозможно в связи с потерей мощности зондирующего импульса, вызванной нелинейностью потерь в резонаторе. Для преодоления этого препятствия была несколько изменена оптическая схема лидара (рис. 1). В этом случае мы имеем дело не с гибридным лазером, а с оптически связанными импульсным и непрерывным лазерами. Предложенная конфигурация позволяет провести экспериментальный анализ поведения эхосигнала после его внутриврезонаторного усиления и смещения. Интерес представляет выяснение роли импульсного и непрерывного лазеров в усилении эхосигнала и роли непрерывного лазера в процессе формирования зондирующего импульса. Созданный макет лидара позволяет проводить измерения поля в резонаторе непрерывного и импульсного лазеров в случае: 1) работы только импульсного лазера, 2) генерации импульсного лазера и допорогового состояния непрерывного лазера, 3) совместной генерации обоих лазеров.

В макете был использован квазинепрерывный Nd-YAG-лазер с непрерывной накачкой, длина волны $\lambda = 1,06$ мкм, пороговый ток ≈ 28 А, средняя мощность генерации для данного резонатора ≈ 6 Вт, зеркала резонатора лазера с диэлектрическим напылением.

Максимальная частота следования импульсов импульсного Nd-YAG-лазера равна приблизительно 15 Гц, длина волны $\lambda = 1,06$ мкм, длительность импульса ≈ 10 нс, зеркала резонатора – с диэлектрическим напылением. В макете использовался телескоп Ньютона, отражатель находился на расстоянии 75 м от излучателя. Регистрация эхосигнала осуществлялась двумя детекторами 5, 6 (рис. 1). В работе были исследованы три режима работы макета.

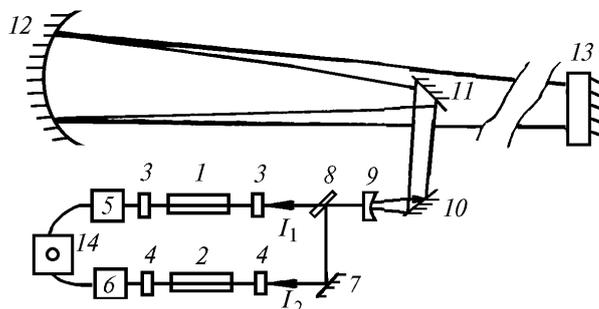


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – непрерывная секция Nd-YAG; 2 – импульсная секция Nd-YAG; 3 – зеркала резонатора непрерывного лазера; 4 – зеркала резонатора импульсного лазера; 5, 6 – фотодетекторы АЭУ; 7 – поворотное зеркало; 8 – плоско-параллельная пластина: пропускание 90%, отражение 10% (для $\lambda = 1,06$ мкм); 9 – линза телескопа, отражение 2%; 10, 11 – поворотные зеркала телескопа; 12 – большое зеркало телескопа; 13 – отражатель; 14 – осциллограф С9-4А

В первом случае работал только импульсный лазер, непрерывный был выключен. Для защиты фотоприемников 5 и 6 от мощного излучения перед их окнами было установлено несколько слоев фторопласта, ослабляющих излучение.

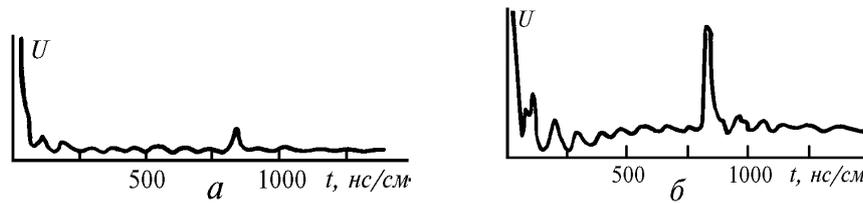


Рис. 2. Осциллограммы сигнала и эхосигнала: *a* – детектор 5, *б* – детектор 6. Включен импульсный и выключен непрерывный лазеры

На рис. 2, *a*, *б* представлены осциллограммы сигналов, снятых с фотоприемников 5 и 6 соответственно. В обоих случаях режим работы осциллографа был одинаков. Сравнивая амплитуды эхосигналов на рисунках 2, *a* и 2, *б*, видим, что амплитуда эхосигнала на рис. 2, *б* в 3,8 раза больше, чем на рис. 2, *a*. Пусть I_0 – общая интенсивность эхосигнала (рис. 1), I_1 – часть эхосигнала, попадающая в непрерывный лазер 1, I_2 – часть эхосигнала, попадающая в импульсный лазер 2. Так как пластина 8 пропускает 90% интенсивности и отражает 10%, т.е. $I_2 = 9 I_1$, то, предполагая линейную взаимосвязь между сигналами на входе и выходе обоих лазеров, можно считать, что амплитуда эхосигнала на детекторе 6 в 34,2 раза больше, чем на детекторе 5.

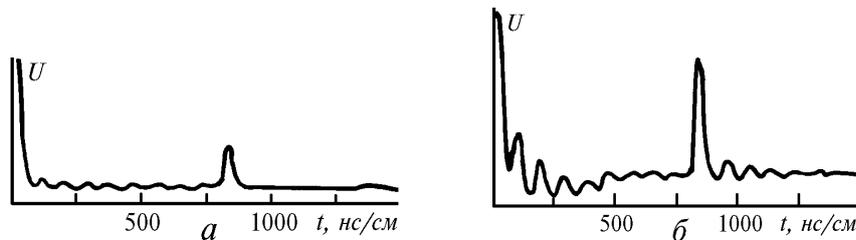


Рис. 3. Осциллограммы сигнала и эхосигнала: *a* – детектор 5, *б* – детектор 6. Включены оба лазера (непрерывный лазер до порога генерации)

Во втором случае работали и непрерывный, и импульсный лазеры, только непрерывный лазер работал в допорогового режиме генерации. На рис. 3 представлены осциллограммы сигналов, снятые с детекторов 5 и 6 соответственно. Режим работы осциллографа был таким же, как и в первом случае. Сравнивая рис. 3, *a* и рис. 2, *a*, можно заметить, что амплитуда эхосигнала на рис. 3, *a* в два раза больше, чем на рис. 2, *a*, т.е. непрерывный лазер до порога генерации является хорошим усилителем. Экспериментально было проверено, что изменение тока накачки в области генерации непрерывного лазера не вносит существенных изменений в амплитуду эхосигнала. Также, сравнивая рис. 3, *б* и рис. 2, *б*, видим, что амплитуда эхосигнала на рис. 3, *б* в 1,1 раза больше, чем на рис. 2, *б*. Подбором делительной пластины 8 можно улучшить связь между импульсным и непрерывным лазерами, что, возможно, приведет к более оптимальным результатам.

В третьем случае непрерывный лазер работал в режиме генерации. На рис. 4, *a* и *б* показаны осциллограммы сигналов, снятых с детекторов 5 и 6 соответственно. Видно, что амплитуда эхосигналов на рис. 4, *a* и *б* явно меньше, чем на рис. 3, *a* и *б*, т.е. в нашем случае непрерывный лазер является хорошим усилителем только до порога генерации.

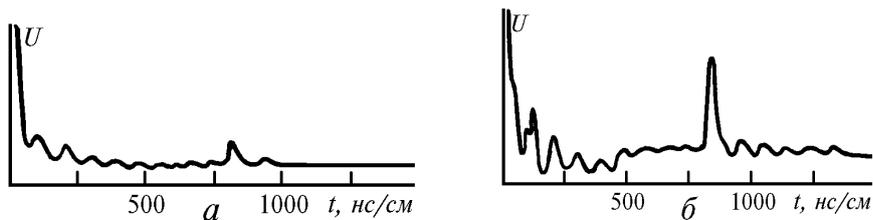


Рис. 4. Осциллограммы сигнала и эхосигнала: *a* – детектор 5, *б* – детектор 6. Включены оба лазера (непрерывный лазер в режиме генерации)

Для сравнения из непрерывного лазера был изъят Nd:YAG кристалл, а регистрация сигнала проводилась на детекторе 5. На рис. 5 представлена осциллограмма, полученная в этом случае. Режим работы осциллографа был таким же, как и в предыдущих случаях. Амплитуда эхосигнала оказалась меньше, чем в случае, когда кристалл не был убран. Так как амплитуда эхосигнала на рис. 5 в 7 раз меньше, чем на рис. 3, б, то, учитывая, что $I_2 = 9 I_1$, оказывается, что эхосигнал, полученный в случае работы непрерывного лазера в допорогового режиме (рис. 3, б), усиливается по сравнению с рис. 5 в 63 раза.

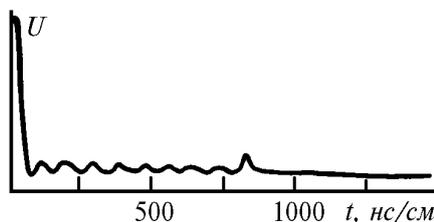


Рис. 5. Осциллограмма сигнала и эхосигнала при приеме на детектор 5 (Nd:YAG кристалл из непрерывного лазера удален)

Таким образом, в работе показано, что импульсно-непрерывный автодинный лидар на Nd–YAG-лазерах обладает высокой чувствительностью к эхосигналу. Это обстоятельство делает предложенную конфигурацию автодинного лидара перспективной для дальнейших исследований по достижению предельной чувствительности, а впоследствии для разработки и создания макета высокочувствительного атмосферного спектрометра.

В заключение авторы приносят благодарность за финансовую поддержку при проведении работы Специальному фонду для выплаты персональных стипендий и грантов талантливым молодым ученым.

1. Гордов Е.П., Хачатурян А.В., Орловский В.М., Потеряев А.Г., Чурнсайд Дж. // Оптика атмосферы и океана. 1993. Т. 6. N 4. С. 440 – 443.
2. Годлевский А.П., Иванов А.К., Копытин Ю.Д. // Квантовая электроника. 1982. Т. 9. №9. С. 2007.
3. Churnside J. // Appl. Optics. 1984. V. 23. N 1. P. 61.
4. Godlevskii A.P., Gordov E.P. et al. // Appl. Optics. 1987. V. 26. N 9. P. 1607.
5. Годлевский А.П., Гордов Е.П., Жилиба А.И., Шарин П.П. // Оптика атмосферы. 1990. Т. 3. N 1. С. 25.
6. Pearson G.N., Rye B.Y., Hardesty R.M. // J. Opt. Soc. Am. 1991. V. 12. P. 64 – 65.
7. Henderson S.W., Hale Ch.P., Suni P.J., Magee J.R. J. Opt. Soc. Am. 1991. V. 12. P. 92 – 94.

Институт оптики атмосферы
СО РАН, Томск

Поступила в редакцию
15 ноября 1993 г.

E.P. Gordov, G.G. Matvienko, V.S. Rybalko, V.A. Sennikov,
A.V. Khachaturyan, V.G. Khachaturyan. **An Autodyne Lidar Based on a CW and Pulsed Nd: YAG Lasers.**

In this paper we describe a system of optically coupled CW and pulsed Nd: YAG lasers making an autodyne lidar. We have studied a behavior of a lidar return intensity injected into a CW laser that was operated in different modes. It is shown that a lidar based on a CW and pulsed Nd: YAG lasers is highly sensitive to the return signal injected into an autodyne lidar.