

УДК 535.312: 621.375.826

© Я. А. Фофанов

СНИЖЕНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ РЕЗОНАНСНО-ОТРАЖЕННОГО СВЕТА

Экспериментально исследованы некоторые особенности статистики лазерного излучения, резонансно отраженного от нелинейной границы "диэлектрик—газ". Показано, что при настройках на минимумы флуктуаций на квазиуровнях интенсивности наблюдается уменьшение уровня флуктуаций фототока ниже уровня, соответствующего детектированию падающего когерентного излучения.

Кл. сл.: лазер, резонансное отражение, сжатый свет.

ВВЕДЕНИЕ

Резонансное (селективное) отражение света от границы "диэлектрик—газ" характеризуется изменениями коэффициента отражения при настройке на резонансные линии атомного газа. Подавляющее большинство исследований резонансного отражения посвящено исследованиям спектральных зависимостей интенсивности отраженного света [1–11]. В настоящей работе продолжены исследования, описанные в [12] и направленные на изучение статистики лазерного излучения, резонансно отраженного от нелинейной границы раздела "диэлектрик—газ".

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальная установка содержала полупроводниковый лазер, работающий в квантово-одномодовом режиме генерации [13–18], отражающие кюветы и регистрирующую систему (РС). Отражающие кюветы были наполнены естественной смесью изотопов рубидия и снабжены системой ввода-вывода излучения, позволяющей фокусировать лазерное излучение на исследуемую границу раздела при углах падения, близких к критическому углу ПВО. РС могла работать в качестве анализатора спектра (АС), а также выполняла высокочувствительное сравнение уровней флуктуаций фототоков двух фотоприемников в дифференциальной схеме фотодетектирования [19, 20]. Далее на этой основе РС определяла величину S — относительную разность уровня флуктуаций фототоков, наблюдаемых при регистрации отраженного света, и флуктуаций, соответствующих детектированию когерентного излучения [13–18].

На рис. 1 показана зависимость от времени сигнала РС, полученная при детектировании флуктуаций калибровочных световых сигналов с заданной величиной S , которая периодически менялась во времени с частотой около 0.005 Гц. Видно, что кривая расположена симметрично от-

носительно нулевых значений S . Амплитуда колебаний S дает возможность определить масштаб по оси ординат, т. е. чувствительность РС.

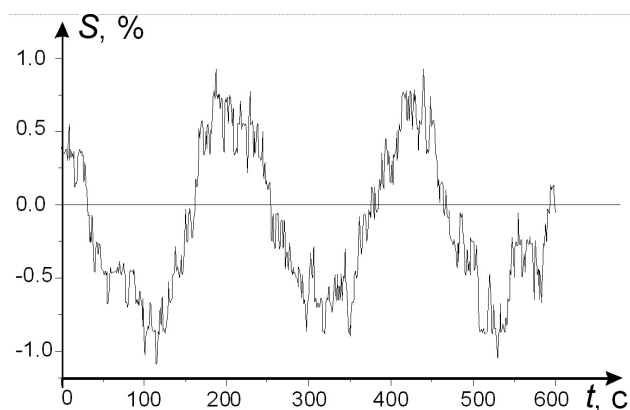


Рис. 1. Сигнал регистрирующей системы в режиме калибровки

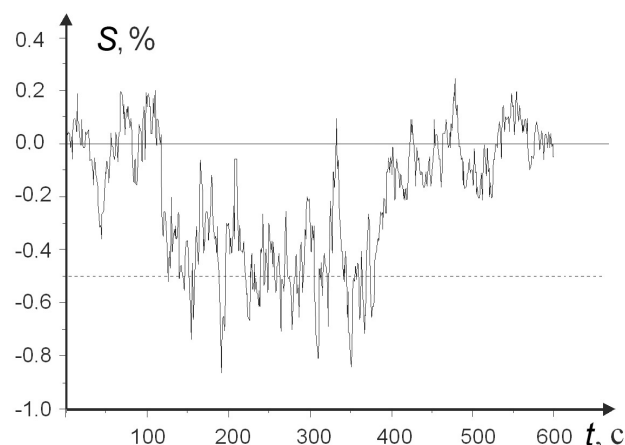


Рис. 2. Уровень флуктуаций резонансно-отраженного света

При изучении статистики резонансно-отраженного света частота лазера настраивалась на квазиуровни интенсивности, наблюдаемые при синхронизации лазера внешним резонатором [12]. Соответствующей фокусировкой лазерного излучения достигалось насыщение квазиуровней, а посредством точной регулировки тока инжекции в пределах квазиуровней лазер настраивался на минимумы флуктуаций интенсивности, которые регистрировались РС, работающей в режиме АС. После этого с помощью регулировки внешнего резонатора производилась дополнительная настройка лазера по сигналу S , измеренному в режиме высокочувствительного сравнения уровней флуктуаций фототоков.

На рис. 2 показана характерная зависимость от времени величины S . Интервалы времени 0–100 с и 400–600 с соответствуют нерезонансной настройке лазера, при которой РС регистрирует флуктуации когерентного излучения. На интервале 100–400 с лазер был настроен по описанной выше методике на один из квазиуровней, обладающий оптимальными шумовыми характеристиками. Как видно, РС показывает, что уровень флуктуаций фототока становится на 0.5 % меньше дробового уровня, соответствующего детектированию когерентного излучения [13–18]. Данное снижение флуктуаций определяется нелинейными свойствами квазиуровней, на которых отраженный поток фотонов становится более регулярным.

Таким образом, при детектировании света, отраженного от нелинейной резонансной границы раздела, зарегистрировано уменьшение уровня флуктуаций фототока ниже дробового уровня, соответствующего детектированию падающего когерентного излучения.

Эта работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 06-02-17219-а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wood R.W. // *Philos. Mag.* 1909. N 18. P. 187.
2. Cojan J.L. Contribution a l'etude de la reflection selective sur les vapeurs de mercure de la radiation de resonance du mercure // *Ann. Phys. (Paris)*. 1954. V. 9. P. 385–440.
3. Schurmans M.F.H. Spectral Narrowing of Selective Reflection // *J. Phys. (Paris)*. 1976. V. 37. P. 469–485.
4. Nienhuis G., Schuller F., Ducloy M. Nonlinear Selective Reflection from an Atomic Vapor at Arbitrary Incidence Angle // *Phys. Rev. A*. 1998. V. 38, N 15. P. 5197–5205.
5. Вартанян Т.А. Резонансное отражение интенсивного оптического излучения от границы разреженной газовой среды // *ЖЭТФ*. 1985. Т. 88, вып. 4. С. 1147–1152.
6. Акульшин А.М. и др. Селективное отражение от границы стекло-газ при больших углах падения света // *Квантовая электроника*. 1989. Т. 16, № 3. С. 631–637.
7. Андреев А.В. Самомодуляция добротности при генерации коротких импульсов // *Письма в ЖТФ*. 1986. Т. 12, № 17. С. 1025–1028.
8. Guo J., Cooper J., Gallagher A., Lewenstein M. Theory of Selective Reflection Spectroscopy // *Opt. Commun.* 1994. V. 110. P. 197–208.
9. Vartanyan T.A., Weis A. Origin of the "blue-shift" in Selective Reflection Spectroscopy and Its Partial Compensation by the Local-Field Correction // *Phys. Rev.* 2001. V. A63. 063813. P. 1–5.
10. Van Kampen H., Sautenkov V.A., Eliel E.R., Wolderman J.P. Probing the Spatialdispersion in a Dense Atomic Vapor Near a Dielectric Interface // *Phys. Rev.* 1998. V. A58. P. 4473–4478.
11. Bloch D., Ducloy M. Atom-Wall Interaction // *Advances in At. Mol. and Optical Phys.* 2005. V. 50. P. 1–82.
12. Fofanov Ya.A. Controlling the Intensity and Fluctuations of Light upon Its Selective Reflection // *Optics and Spectroscopy*. 2005. V. 99, N 3. P. 457–458.
13. Глаубер Р. Оптическая когерентность и статистика фотонов // *Квантовая оптика и радиофизика / Под ред. Богданкевича О.В. и Крохина О.Н. М.: Наука, 1966. 452 с.*
14. *Vachor. H.-A. A Guide to Experiments in Quantum Optics.* Weinheim, New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Toronto: WILEY-VCH Verlag, 1998. 366 p.
15. Тайш М.К., Салэ Б.Э.А. Сжатые состояния света // *УФН*. 1991. Т. 161, N 4. С. 101–136.
16. Быков В.П. Основные особенности сжатого света // *УФН*. 1991. Т. 161, N 10. С. 145–173.
17. Трифонов А.С. В каких случаях полупроводниковый лазер можно считать одномодовым с точки зрения квантовой оптики? // *Оптика и спектр*. 1999. Т. 86, № 1. С. 126–132.
18. Fofanov Ya.A., Sokolov I.V. Sub-Poissonian Single-Mode Lasing in a Semiconductor Laser with an External Cavity // *Journal of Optical Technology*. 2003. V. 70, Issue 1. P. 38–41.
19. Соколов И.М., Фофанов Я.А. Дифференциальная регистрация поляризационно-модулированных оптических сигналов // *Научное приборостроение*. 2008, Т. 18, № 1. С. 16–22.
20. Соколов И.М., Фофанов Я.А. Флуктуации сигнала оптического двулучепреломления в измерениях с глубокой модуляцией поляризации // *Научное приборостроение*. 2008. Т. 18, № 1. С. 23–34.

*Институт аналитического приборостроения РАН,
Санкт-Петербург*

Материал поступил в редакцию 25.12.2008.

REDUCTION OF FLUCTUATIONS OF SELECTIVELY REFLECTED LIGHT

Ya. A. Fofanov

Institute for Analytical Instrumentation RAS, Saint-Petersburg

Some features of statistics of laser radiation, selectively reflected from the nonlinear border "dielectric—gas" are experimentally investigated. Photocurrent fluctuations below a level appropriate to detection of falling coherent radiation was shown to decrease at adjustments to fluctuation minimum on quasilevels of intensity.

Keywords: laser, selective reflection, squeezed light.