

ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ
ТЕХНИКА

УДК 621.378.325

ЮСТИРОВКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОСИ
ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО РЕЗОНАТОРА

© 2020 г. В. Я. Агроскин^{а,*}, Б. Г. Бравый^{а,**}, Г. К. Васильев^а, В. И. Гурьев^а,
С. А. Каштанов^а, Е. Ф. Макаров^а, С. А. Сотниченко^а, Ю. А. Чернышев^а

^а Институт проблем химической физики РАН

Россия, 142432, Черноголовка Московской обл., просп. Академика Семенова, 1

*e-mail: agroskin@mail.ru

**e-mail: bgbrav@icp.ac.ru

Поступила в редакцию 05.12.2019 г.

После доработки 05.12.2019 г.

Принята к публикации 17.12.2019 г.

Предложен способ юстировки неустойчивого конфокального резонатора и определения направления его оси с применением уголкового отражателя. В качестве вспомогательного лазера использовался полупроводниковый лазер, который задавал направление оси резонатора. В качестве прибора, контролирующего настройку, использовался коллиматор. Уголкового отражателя, установленный внутри резонатора со стороны вогнутого зеркала, позволял создать “прямой” и “обратный” проходы собственного луча коллиматора через резонатор. Это дает возможность наблюдать в окуляре коллиматора изображения шкалы от “прямого” и “обратного” проходов. Точная настройка резонатора осуществляется совмещением центров шкал, при этом ось резонатора совпадает с осью коллиматора.

DOI: 10.31857/S0032816220030064

Использование в экспериментальной практике неустойчивых резонаторов началось, по-видимому, с пионерской работы А.Е. Siegman [1], опубликованной в 1965 г. В результате последовавшего за этим бурного всплеска как экспериментальных, так и теоретических работ были выяснены основные свойства такого типа резонаторов (см., например, [2]). Все это время, вплоть до наших дней, вопросы юстировки неустойчивых резонаторов привлекали к себе внимание (например, [3–6]).

В работе [7] было показано, как точно определить направление оси телескопического резонатора с помощью расширяющегося светового пучка, который заводится в резонатор через отверстие маленького диаметра в вогнутом зеркале резонатора. С практической точки зрения желательно иметь способ настройки резонатора, который не связан с наличием отверстия в одном из зеркал резонатора.

Данная работа посвящена определению оси излучения лазера и юстировке телескопического резонатора с использованием уголкового отражателя.

На рис. 1 изображена оптическая схема предлагаемого способа настройки резонатора.

В работе использовался неустойчивый резонатор, состоящий из зеркал: вогнутого $\varnothing 100$ мм (2)

и выпуклого $\varnothing 33$ мм (3). Увеличение резонатора $M = 3$ при базе 246 мм. Юстировка осуществлялась при помощи коллиматора 5 от оптической скамьи ОСК-3 с апертурой 100 мм и фокусным

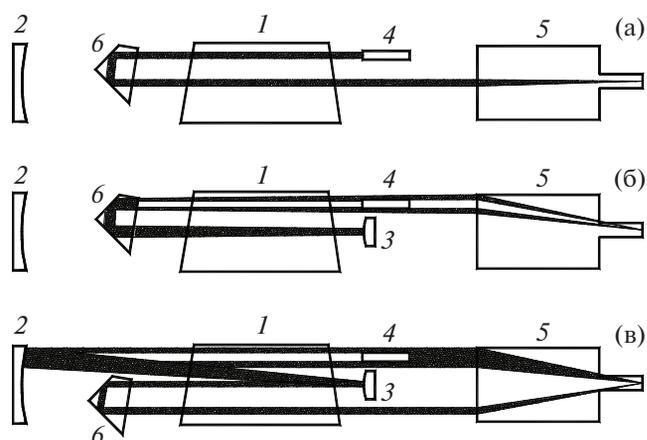


Рис. 1. Оптическая схема эксперимента. 1 – лазерная кювета; 2 – вогнутое зеркало резонатора; 3 – выпуклое зеркало резонатора; 4 – вспомогательный лазер; 5 – коллиматор; 6 – уголкового отражателя; а – настройка коллиматора, б – настройка зеркала 3, в – настройка зеркала 2.

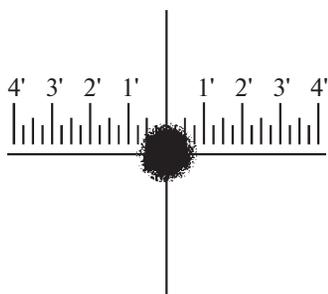


Рис. 2. Изображение картины совмещения с точностью $\sim 10''$.

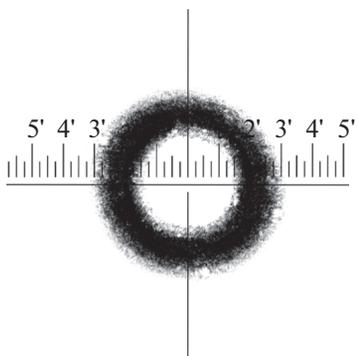


Рис. 3. Изображение в коллиматоре при настроенном выпуклом зеркале.

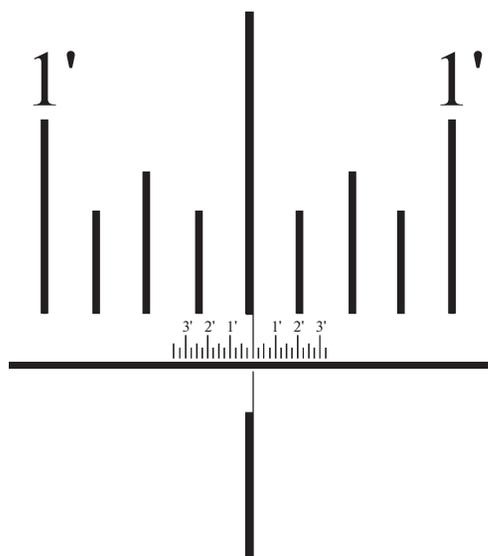


Рис. 4. Совмещение с точностью $\sim 3''$.

расстоянием 1 м. Цена деления шкалы коллиматора $15''$. В качестве вспомогательного лазера (в.л.) 4 использовался полупроводниковый лазер с апертурой 8 мм и расходимостью $\sim 2'$.

На первом этапе юстировки (рис. 1а) необходимо направить луч в.л. 4 по оси лазерной кюветы 1. Для этого луч лазера посылали через лазерную кювету примерно параллельно ее оси. С помощью уголкового отражателя б и юстировки в.л. выводили этот луч на ось кюветы. Это направление в.л. в дальнейшем будет направлением оси резонатора.

Далее нужно установить и настроить коллиматор таким образом, чтобы луч в.л., отраженный от уголкового отражателя, проходил через коллиматор и попадал в центр шкалы коллиматора. Используемый коллиматор позволял совместить центр шкалы коллиматора с центром пятна лазера с точностью $\sim 10''$ (см. рис. 2). Отметим, что шкала коллиматора уменьшает угловые размеры объектов в 2 раза.

На следующем этапе (рис. 1б) устанавливаем выпуклое зеркало 3 резонатора. Луч в.л. от уголкового отражателя попадает на выпуклое зеркало, после отражения от него начинает расширяться и после уголкового отражателя обогнет в.л., попадая в коллиматор в виде кольцевого пятна. Юстировкой выпуклого зеркала добиваемся того, чтобы изображение кольцевого пятна было симметричным (см. рис. 3).

Остается провести настройку вогнутого зеркала, т.е. всего резонатора в целом. Для этого нужно сдвинуть от зеркала 2, прошел мимо отражателя б на зеркало 3 (рис. 1в). С помощью юстировки вогнутого зеркала направляем луч в.л. через уголкового отражателя в коллиматор. Предварительная настройка закончится, когда в окуляре коллиматора будет видно пятно в.л. Далее в.л. выключается и включается внутренняя подсветка шкалы коллиматора.

Луч коллиматора будет разбит на две части: первая пойдет по “прямому” пути 5–2–3–6–5, а вторая по “обратному” – 5–6–3–2–5 (см. рис. 1в). В первом случае изображение шкалы будет увеличено в $M = 3$ раза, а во втором уменьшено в $M = 3$ раза. Далее с помощью юстировки вогнутого зеркала необходимо совместить центры шкал в коллиматоре. На рис. 4 показано это совмещение центров с точностью $\sim 3''$.

В результате получаем совпадение осей резонатора и коллиматора с точностью $\sim 3''$. Эта величина примерно в 5 раз меньше, чем расходимость лазерного излучения [7].

Если учесть, что ось коллиматора совпадает с осью вспомогательного лазера, то мы получаем возможность наблюдать направление излучения основного лазера.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания 01201361840.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Siegman A.E.* // Proc. IEEE. 1965. V. 53. P. 277. <https://doi.org/10.1109/PROC.1965.3685>
2. *Ананьев Ю.А.* Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения. М.: Наука, 1979.
3. *Ковальчук Л.В., Свенцицкая Н.А.* // Квантовая электроника. 1972. Т. 5. № 11. С. 80.
4. *Hanlon J., Aiken S.* // Appl. Opt. 1974. V. 13 (11). P. 2461. https://doi.org/10.1364/AO.13.2161_1
5. *Sihua Fu, Xuejun Long, Hongjun Mao, Yongjun Hu* // Optics and Lasers in Engineering. 2011. V. 49. P. 1436. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2011.06.021>
6. *Ren Wei-yan, Wang Hui, Cai Lei, Zhou Song-qing, Zhang Zheng, Qv Pu-bo* // Proc. of SPIE 2015. V. 9671. P. 967128. <https://doi.org/10.1117/12.2203497>
7. *Агроскин В.Я., Бравый Б.Г., Васильев Г.К., Гурьев В.И., Карельский В.Г., Капитанов С.А., Макаров Е.Ф., Сотниченко С.А., Чернышев Ю.А.* // Квантовая электроника. 2017. Т. 47. № 8. С. 39.