

3. Arai T., Wakaki M., Onari S. et al.//J. Phys. Soc. Jap. 1973. 34, N 1. P. 68.
4. Кунькова З. Э., Голик Л. Л., Паксеев В. Е.//ФТТ. 1983. 25, № 6. С. 1877.
5. Лошкарева Н. Н., Сухоруков Ю. П., Гижевский Б. А. и др.//ФТТ. 1987. 29, № 7. С. 2231.
6. Адушнаева Р. Ю., Север Г. Н., Наумов С. В., Чеботаев Н. М.//ФТТ. 1991. 33, № 7. С. 1930.
7. Wakaki M., Yamamoto K., Onari S., Arai T.//Solid State Commun. 1982. 43, N 12, P. 957.
8. Рывкин С. М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. М., 1963.
9. Белов К. П., Третьяков Ю. Д., Гордеев И. В. и др. Магнитные полупроводники — халькогенидные шпинели. М., 1981.
10. Haas C.//Phys. Rev. 1968. 168, N 2. P. 531.
11. Нагаев Э. Л.//ФТТ. 1987. 29, № 2. С. 385.
12. Нагаев Э. Л. Физика магнитных полупроводников. М., 1979.
13. Ауслендер М. И., Бебенин Н. Г.//ФТТ. 1988. 30, № 4. С. 945.
14. Голант К. М., Тугушев В. В., Юрин И. М.//ФТТ. 1990. 32. С. 2100.

Поступила в редакцию  
06.05.94

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1995. Т. 36, № 2

## АСТРОНОМИЯ

УДК 621.375.826:521.93

### УСТРОЙСТВО СТАБИЛИЗАЦИИ ДЛИНЫ РЕЗОНАТОРА ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

В. А. Крайнов, В. Е. Жаров  
(ГАИШ)

Описано устройство стабилизации длины резонатора лазерного гироскопа, создаваемого для изучения неравномерности вращения Земли.

Для определения вариаций угловой скорости вращения Земли  $\Omega$  в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга создается гироскоп с пассивным резонатором [1]. Резонатор квадратной формы со стороной 3,1 м образован двумя плоскими и двумя сферическими зеркалами.

Для достижения точности определения скорости вращения  $\sim 10^{-8}$  необходимо накапливать сигнал в течение суток. За это время параметры резонатора, и в первую очередь его длина, не должны изменяться.

Основными причинами, которые приводят к вариациям длины резонатора, являются температурное расширение фундамента, на котором устанавливаются оптические элементы, и микросейсмические колебания фундамента.

В нашем случае максимальные вариации температуры не должны превышать  $0,005^\circ$ . Термостатирование большого помещения с такой точностью является трудной задачей. Частично данную проблему решает использование устройства стабилизации длины резонатора. Поскольку изменение температуры фундамента приводит к плавному изменению длины, данное устройство должно отслеживать этот дрейф.

Микросейсмические колебания вызывают изменение длины резонатора на звуковых частотах. Исследования, результаты которых будут опубликованы в следующей работе, показали, что относительная



усилителя модулирующего сигнала можно получать сигнал с регулируемой амплитудой до 30 В, что позволяет подбирать оптимальную глубину модуляции. Сигнал затем подается на пьезокерамический элемент, к которому приклеено одно из сферических зеркал резонатора.

В качестве преобразователя информации в гироскопе используется фотодиод с крутизной  $S=0,3 \text{ А/Вт}$  и темновым током  $I_n \approx 1 \text{ нА}$ . Сигнал с фотодиода усиливается малошумящим усилителем с коэффициентом усиления 3000. В случае настройки резонатора на вершину спектральной линии на выходе усилителя присутствует сигнал с частотой  $2f_g=4 \text{ кГц}$ , а при расстройке — с частотой  $f_g=2 \text{ кГц}$  и амплитудой, пропорциональной  $dI(f)/df$  (рис. 3). Фаза сигнала меняется при переходе через вершину линии.

Фильтр низкой частоты представляет собой фильтр Бесселя 6-го порядка, подавляющий вторую гармонику на 18 дБ. Кроме того, режекторный фильтр подавляет ее еще на 60 дБ. После усиления резонансным усилителем сигнал с частотой  $f_g$  поступает на синхронный детектор. В качестве опорного используется синусоидальный сигнал  $f_g$ .

Характерный вид сигнала на выходе детектора представлен на рис. 2, в. Амплитуда сигнала тем больше, чем больше уход рабочей точки от экстремума. С детектора сигнал поступает на интегратор с временем интегрирования, большим 100 с, что позволяет отслеживать уход рабочей точки из-за термического расширения фундамента.

Микросейсмические колебания не влияют на работу интегратора. На выходе формирователя огибающей появляется сигнал (рис. 2, г), близкий по форме сигналу микросейсмического возмущения (рис. 2, а).

Высоковольтный усилитель постоянного тока (УПТ) имеет четыре каскада. Сигналы с интегратора и формирователя суммируются в первом каскаде, выполненном на операционном усилителе с полевыми транзистора-

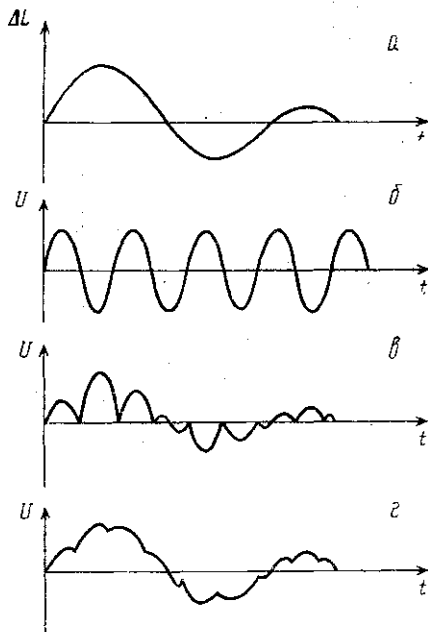


Рис. 2. Эпюры напряжений (б, в, г) при сейсмическом воздействии на резонатор (а): б — модулирующий сигнал; в — сигнал на выходе синхронного детектора; г — сигнал на пьезокерамическом элементе

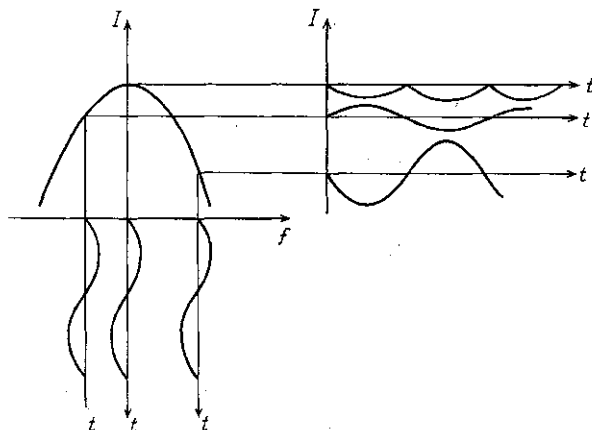


Рис. 3. Диаграмма работы устройства

ми на входе. Второй каскад раскачивает сигнал до амплитуды  $\pm 30$  В. Третий и четвертый каскады, охваченные местной отрицательной обратной связью по току, способны раскачивать сигнал до  $\pm 320$  В. Кроме того, весь усилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью по току.

Выходное сопротивление усилителя постоянного тока равно 30 кОм. Незначительный дрейф нуля усилителя постоянного тока не влияет на работу системы автоподстройки. Для нормальной работы устройства требуется лишь подбор нужной фазы модулирующего сигнала и оптимального коэффициента усиления резонансного усилителя, при котором сохраняется устойчивость работы устройства.

Для нормальной работы гироскопа требуется, чтобы изменение длины резонатора было много меньше  $\lambda/2$ . Оценка ожидаемой стабильности длины резонатора при использовании описываемого устройства и лазера со стабильной частотой равна  $\lambda/15 - \lambda/20$ . Вариации частоты используемого лазера могут внести ошибку до  $\lambda/25$  за 0,5 ч и  $\lambda/5$  за 8 ч работы даже при постоянной настройке устройства на вершину резонансной кривой. Таким образом, оптимальное время накопления сигнала на выходе гироскопа с лазером ЛГН-303, по-видимому, составляет несколько часов. При большем времени накопления, необходимом для повышения точности определения скорости вращения Земли, требуется более стабильный лазер.

Работа выполнена по гранту А-02-027 Южной Европейской обсерватории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов Н. С., Жаров В. Е., Сажин М. В. и др. // Veröff. des Zentralinstituts für Physik der Erde. 1989. N 102. P. 59. (Proc. VI Intern. Symp. "Geodesy and Physics of the Earth". 1988. Part 1.)

Поступила в редакцию  
03.10.94