

с помощью соотношений (1) и (2) (кривые 1 и 2), а также экспериментальная зависимость  $K_{p \max}$  (кривая 3). Из графиков следует, что характер аналитических зависимостей при обеих аппроксимациях близок к экспериментальной зависимости. Выражения (1) и (2) дают некоторый запас при расчете  $K_{p.уст}$ .

Несмотря на различие в значениях  $K_{p.уст}$ , полученных путем расчета по соотношениям (1), (2) и по данным эксперимента, выражения (1) и (2) могут быть, по нашему мнению, рекомендованы для расчетов систем АПЧ, использующих в качестве управляющих элементов пьезокорректоры различных конструкций. Для расчетов необходимо знать постоянную времени (инерционность) пьезокорректора, частоту и добротность первого резонанса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Басов Н. Г.; Беленов Э. М., Данилейко М. В., Никитин В. В. Резонансы мощности и стабилизация частоты газового лазера с нелинейно-поглощающей ячейкой. — «Квантовая электроника», 1971, № 1, с. 42.
2. Галутва Г. В., Рязанцев А. И. Селекция типов колебаний и стабилизация частоты оптических квантовых генераторов. М. «Связь», 1972.
3. Ханов В. А. Пьезокерамика как элемент цепи регулирования. — «Автоматрия», 1974, № 6, с. 195.
4. Кикучи Е. Ультразвуковые преобразователи. М., «Мир», 1972.

Поступило в редакцию 26 мая 1977 г.  
окончательный вариант — 15 сентября 1977 г.

УДК 621.378

А. Г. ПОЛЕЩУК, А. К. ХИМИЧ

(Новосибирск)

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ СЧИТЫВАЮЩЕГО ЛУЧА В ОПТИЧЕСКОМ ЗАПОМИНАЮЩЕМ УСТРОЙСТВЕ

Одним из основных факторов, определяющих плотность записи в оптических запоминающих устройствах (ОЗУ), является точность позиционирования записываемого и считываемого светового пятна на поверхности носителя информации. Для автоматического позиционирования в ОЗУ обычно предусматриваются две системы: слежения за информационной дорожкой и поддержания плоскости фокусировки строго на поверхности носителя. Слежение за дорожкой осуществляют с помощью корректирующего ход лучей зеркала, соединенного с датчиком, вырабатывающим сигнал радиальной ошибки (в случае, если носитель — диск) [1]. Для поддержания плоскости фокусировки на поверхности носителя при его торцевых биениях наиболее часто используют автоматическую фокусировку микрообъектива [2, 3], которая осуществляется перемещением микрообъекта исполнительным механизмом, управляемым от фотоэлектрического датчика расфокусировки [4].

К недостатку этого метода следует отнести ограниченное быстродействие, обусловленное большой массой перемещаемого микрообъектива. Кроме того, в процессе работы микрообъектив подвергается воздействию вибраций с большой амплитудой ( $\sim 0,25$  мм) в диапазоне частот до 250 Гц. В результате резко снижается надежность работы ОЗУ вследствие возможного выхода из строя (или ухудшения качества работы) его основного узла — фокусирующего микрообъектива.

В настоящей работе описывается ОЗУ, снабженное системой автоматической фокусировки, свободной от перечисленных недостатков. Фокусировка излучения и слежение за дорожкой осуществляются одним и тем же исполнительным элементом, что значительно упрощает конструкцию.

Схема устройства приведена на рис. 1. В режиме считывания информации световой поток от малоомощного He-Ne лазера 1 ( $P_0=0,5$  мВт) расширяется объективом 2, проходит светоделительное зеркало 3 и поступает к объективу 4. Объектив 4 фокусирует световой поток внутри двугранного уголкового отражателя 5, являющегося исполнительным элементом системы автоматической фокусировки и слежения за дорожкой. Отразившись от обеих граней уголкового отражателя, световой поток коллимируется объективом 6 и поступает через поворотное зеркало 7 на вход фокусирующего микрообъектива 8. Затем световой поток фокусируется на поверхность подвижного носителя 9. Отраженная

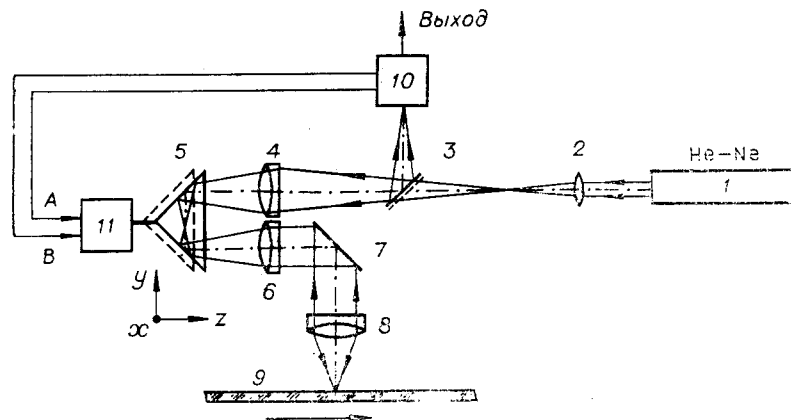


Рис. 1.

от поверхности часть светового потока (промодулированная записанной на носителе информацией) воспринимается микрообъективом 8 и через оптические элементы схемы (3—8) поступает в блок фотоприемников 10. Здесь вырабатываются сигналы ошибки наведения на информационную дорожку и расфокусировки, которые подаются на входы А и В блока управления 11 положением уголкового отражателя в пространстве. Перемещение отражателя вдоль оси  $z$  вызывает смещение плоскости фокусировки микрообъектива 8, а наклон в плоскости  $хоz$  (перпендикулярно плоскости рисунка) приводит к смещению точки фокусировки в плоскости носителя 9. Оба этих перемещения производятся, как будет показано ниже, независимо друг от друга.

Схема управления уголковым отражателем приведена на рис. 2. При подаче на вход А напряжения ошибки расфокусировки с блока фотоприемников ток в катушках  $L_1$  и  $L_2$  изменяется синфазно, вследствие чего отражатель 5 перемещается вдоль оси  $z$  (на рис. 1, 2 перемещение отмечено штриховой линией). Напряжение радиальной ошибки, подаваемое на вход В, вызовет противофазное изменение токов в катушках, вследствие чего отражатель наклонится на некоторый угол к оси  $z$ .

Для определения оптимальных параметров элементов устройства и выяснения взаимного влияния цепей автоматической фокусировки и отслеживания дорожки рассмотрим эквивалентную схему хода лучей (рис. 3, а).

Объективы  $O_1, O_2, O_3$  соответствуют объективам 4, 6, 8 в схеме, приведенной на рис. 1;  $a-a$  и  $c-c$  — линии пересечения вертикальной меридиональной плоскости с гранями отражателя («линии отражения»). Перемещение отражателя (линии  $a-a$  и  $c-c$ ) вдоль оптической оси на величину  $\Delta$  (автоматическая фокусировка) вызывает изменение расстояния  $b_1 + b_2 + b_3 = d$  между объективами  $O_1$  и  $O_2$  на величину  $2\Delta$ . Как следует из рис. 3, а, плоскость фокусировки микрообъектива  $O_3$  переместится на величину  $\Delta'$ , равную

$$\Delta' = 2\Delta f_3'^2 / [f_2'^2 + 2\Delta (f_2' + f_3' - d_2')], \quad (1)$$

где  $f_2', f_3'$  — фокусные расстояния соответственно объективов  $O_1, O_2, O_3$ ;  $d_2'$  — расстояние между объективами  $O_2$  и  $O_3$ .

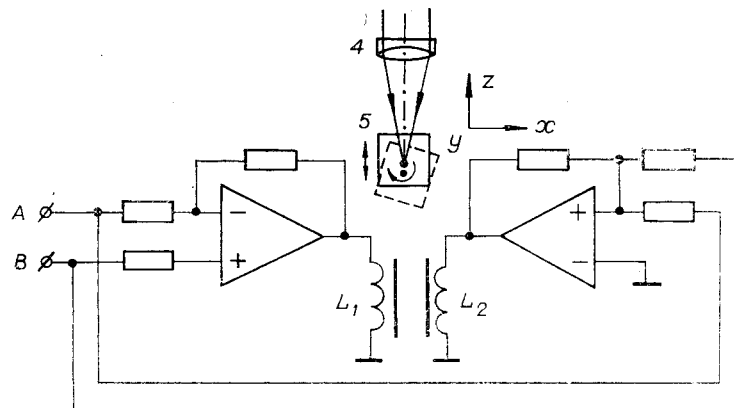


Рис. 2.

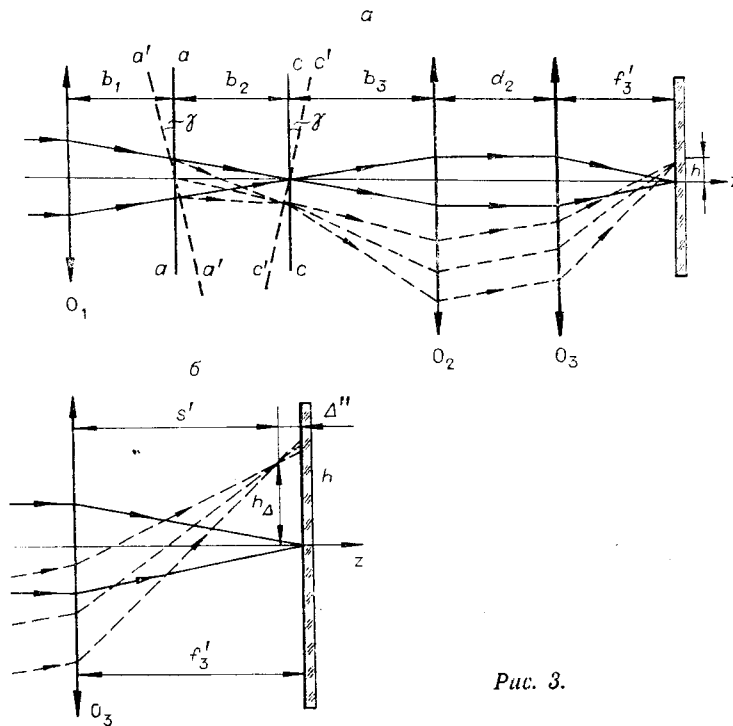


Рис. 3.

Если выбрать расстояние  $d_2 = f_2' + f_3'$ , то связь между смещением отражателя и смещением плоскости фокусировки будет линейной:  $\Delta' = 2\Delta f_3'^2 / f_2'^2$ .

Режим слежения за информационной дорожкой связан с поворотами отражателя по отношению к оптической оси. На эквивалентной схеме поворот отражателя на угол  $\gamma$  отображен смещением «линий отражения»  $a-a$  и  $c-c$  в новое положение:  $a'-a'$  и  $c'-c'$ . Пользуясь эквивалентной схемой, можно показать, что выражение, связывающее величину угла поворота отражателя и смещение точки фокусировки лазерного излучения в плоскости носителя информации, имеет следующий вид:

$$h = -\gamma \left[ 2f_3' - \frac{f_3' (b_2 + 2b_3) - 2f_3' \Delta}{f_2'} \right]. \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что располагать точку фокусировки объектива  $O_1$  точно посередине между гранями отражателя не следует, так как при этом  $f_2' = b_2/2 + b_3$  и величина смещения  $h$  резко уменьшается. Целесообразно выбрать  $f_2' = b_3$ , тогда выражение (2) примет следующий вид:  $h = -\gamma f_3' b_2 / b_3$ . В этом случае зависимость  $h = f(\gamma)$  имеет максимальную крутизну.

При поворотах отражателя оптическая длина пути между объективами  $O_1$  и  $O_2$  изменяется (это видно из рис. 3, а), что приводит к паразитной расфокусировке и, как следствие, к взаимному влиянию цепей автоматической фокусировки и отслеживания дорожки. Определить величину расфокусировки  $\Delta''$  можно, решая систему уравнений, описывающих пути двух крайних лучей:

$$\begin{aligned} h_{\text{в}} &= h_{3\text{в}} - \alpha'_{3\text{в}} s'_{\text{в}}; \\ h_{\text{н}} &= h_{3\text{н}} - \alpha'_{3\text{н}} s'_{\text{н}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $h_{\text{в}}$  и  $h_{\text{н}}$  — высоты верхнего и нижнего (крайних) лучей в плоскости их пересечения;  $h_{3\text{в}}$  и  $h_{3\text{н}}$  — высоты крайних лучей в плоскости объектива  $O_3$ ;  $\alpha'_{3\text{в}}$  и  $\alpha'_{3\text{н}}$  — углы, образуемые лучами, выходящими из объектива  $O_3$ , с оптической осью.

Из рис. 3, б видно, что  $\Delta'' = f_3' - s'$ . Так как в точке фокусировки обонх лучей задние отрезки ( $s'_{\text{в}} = s'_{\text{н}} = s'$ ) и высоты над оптической осью ( $h_{\text{в}} = h_{\text{н}} = h_{\Delta}$ ) одинаковы,

из выражения (3) можно определить величину  $s'$ , а пользуясь эквивалентной схемой, — значения  $h_{3в}$ ,  $h_{3н}$ ,  $\alpha'_{3в}$  и  $\alpha'_{3н}$ . Полагая  $d_2 = f'_2 + f'_3$  и ограничиваясь членами, не превышающими  $\gamma^2$ , находим величину расфокусировки

$$\Delta'' = -\gamma^2 \frac{f'_1 f'^2_3}{f'^2_2} \left[ 2 - \frac{b_2}{2f'_1} - \frac{2(b_1 + \Delta)}{f'_1} \right] \quad (4)$$

( $f'_1$  — фокусное расстояние объектива  $O_1$ ).

Минимизировать  $\Delta''$  можно подбором расстояний  $b_1$  и  $b_2$ . Если  $f'_1 = b_1 + b_2/4$ , то остаточная расфокусировка равна  $\Delta'' = 2\gamma^2 \Delta f'^2_3 / f'^2_2$ . Оценим величину расфокусировки

для реальной схемы со следующими основными параметрами:  $f'_1 = f'_2 = 20$  мм,  $f'_3 = 8$  мм,  $b_2 = 6$  мм. Носитель информации — диск с биениями:  $\Delta' = \pm 0,1$  мм и  $h = \pm 0,1$  мм. Тогда  $\gamma = \pm 2^\circ$ ,  $\Delta'' = \pm 0,5 \cdot 10^{-3}$  мм, т. е.  $\Delta''$  не превышает глубины резкости фокусирующего микрообъектива ( $l = 2 \cdot 10^{-3}$  мм).

Быстродействие системы автоматической фокусировки ограничивается частотой собственного резонанса подвижной части исполнительного механизма.

Предложенная схема ОЗУ реализует простой и эффективный способ увеличения частоты собственного резонанса путем уменьшения массы подвижной части. Замена перемещаемого микрообъектива двугранным уголковым отражателем (прямоугольной призмой) позволяет увеличить резонансную частоту, а следовательно, и быстродействие приблизительно в  $\sqrt{m_1 m_2}$  раз при одинаковой жесткости подвеса, где  $m_1$  — масса микрообъектива,  $m_2$  — масса призмы, и уменьшить мощность, потребляемую исполнительным механизмом.

Авторами экспериментально получен пятикратный выигрыш в быстродействии при замене микрообъектива облегченной конструкции ( $m_1 = 24$  г) на прямоугольную призму ( $m_2 = 1$  г).

Таким образом, предложенная схема ОЗУ отличается от известных высоким быстродействием отслеживания торцевых биений носителя, простотой конструкции и возможностью использования стандартных, серийно выпускаемых микрообъективов без повышенных требований на вибропрочность. Приведенные соотношения позволяют оптимальным образом выбрать параметры элементов устройства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нгбек G. W. An experimental optical videodisc playback system.— "J. SMPTE", 1974, N 83, p. 580.
2. Петров В. В. Оптическое запоминающее устройство.— Авт. свид-во, № 469140, Б. И., 1975, № 16.
3. Блохин А. С., Налимов И. П. Дисковые системы телевизионного кинематографа.— «Зарубеж. радиоэлектроника», 1975, № 8, с. 102.
4. Абокумов В. Г., Татаринев В. В. Продольное сканирование в лазерном устройстве считывания.— В кн.: Оптическая и электрооптическая обработка информации. М., «Наука», 1974.

Поступило в редакцию 25 мая 1977 г.

УДК 621.317.742 : 621.317.767

Т. Н. ГОЛОВКИНА, Н. Е. РОДИОНОВ

(Томск)

## ФАЗОВАЯ ПОГРЕШНОСТЬ ДВУХЛУЧЕВОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА

Развитие лазерной техники поставило на повестку дня вопросы исследования статистических характеристик распространения лазерного излучения в тропосфере. Для идентификации результатов измерений необходим учет влияния измерительной аппаратуры на результаты измерений. В известных нам работах, посвященных измерению флуктуаций оптического излучения, прошедшего слой турбулентной атмосферы [1—3], вопросы анализа основных погрешностей измерений не рассматриваются.