

*Г.И. Грейсук, В.П. Лунев,
С.А. Степанов, В.И. Шугаев*

СИСТЕМА АВТОФОКУСИРОВКИ НА ОСНОВЕ ДИФРАКЦИОННОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ СЧИТЫВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ С ОПТИЧЕСКОГО ДИСКА

Одним из перспективных направлений применения дифракционных оптических элементов (ДОЭ) является их использование в системах считывания информации с оптических дисков. Действительно, использование ДОЭ в качестве фокусирующего объектива считывающей головки позволяет существенно упростить конструкцию объектива. При этом приведенная в [1] методика расчета структуры элемента обеспечивает возможность его сопряжения с выпускаемыми промышленностью как одномодовыми, так и многомодовыми полупроводниковыми лазерами (ППЛ), имеющими температурную нестабильность длины волны излучения и разброс длин волн от образца к образцу лазеров одного типа. Использование ДОЭ, как показано в [2], позволяет также упростить конструкцию и улучшить ряд характеристик системы радиального слежения, осуществляющей удержание считывающего пятна по центру информационной дорожки оптического диска. В настоящей работе описывается система автоматической фокусировки на информационную дорожку диска, основанная на использовании хроматических свойств ДОЭ.

Необходимость системы автофокусировки обусловлена тем, что при считывании информации с вращающегося диска возникают вертикальные отклонения информационной дорожки относительно считывающего пятна, вызванные торцовыми биениями и неплоскостностью диска. Система автофокусировки обычно строится по одной из двух базовых схем. В одной из них формирование сигнала ошибки фокусировки обеспечивается дискриминатором, содержащим элементы анаморфотной оптики либо диафрагмы и экраны и разрезные фотоприемники [3]. Общим недостатком этой схемы является сложность конструкции и юстировки и, как следствие, низкая надежность считывания информации.

В основе второй схемы лежит метод динамической автофокусировки [4]. Системы, реализованные по этой схеме, отличаются простотой исполнения дискриминаторов и возможностью юстировки схемы непосредственно по выходному сигналу фотоприемника системы регулирования. Типичная схема системы динамической автофокусировки описана в [5]. В ней считывающая головка, содержащая фотоприемник, ППЛ и фокусиру-

ющий объектив, приводится в колебательное движение вдоль оптической оси. Этим обеспечивается сканирование точки фокусировки относительно информационной дорожки в направлении, перпендикулярном плоскости диска. В результате создается модуляция отраженного от носителя записи лазерного пучка, несущая информацию об ошибке фокусировки. Амплитуда модуляции определяет величину, а фаза - знак ошибки фокусировки [3]. Сигнал ошибки формируется с помощью синхронного детектора, выход которого соединен с исполнительным двигателем перемещения головки, обрабатывающим этот сигнал.

Реализованная в таком виде система динамической автофокусировки имеет, однако, существенный недостаток, обусловленный тем, что частота механического сканирования при требуемой амплитуде не может быть достаточно высокой, поскольку увеличение частоты приводит к снижению надежности и механической прочности считывающей головки. При низкочастотном сканировании не удастся отфильтровать сигнал ошибки фокусировки на несущей, равной частоте сканирования, от помех, вызванных дефектами диска, и низкочастотных флуктуаций информационного сигнала, обусловленных наличием расфокусировки. Кроме того, поскольку спектр информационного сигнала, считываемого с диска, начинается практически с единиц килогерц и простирается вплоть до 900-1000 кГц, то механическое сканирование, реализуемое лишь с низкими частотами, приводит к снижению отношения сигнал-шум в информационном сигнале.

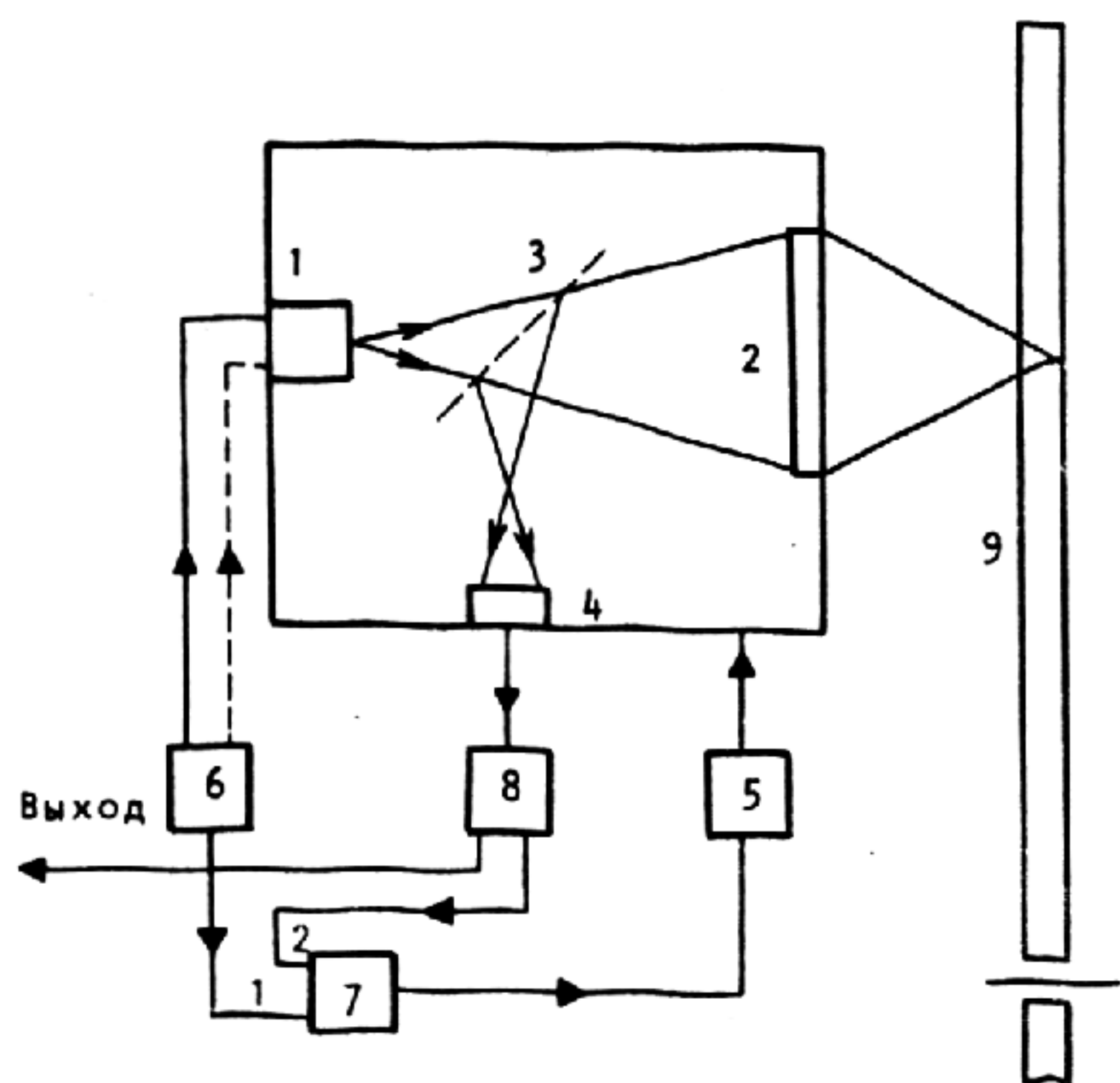
Перечисленные недостатки могут быть преодолены, если от механической реализации метода динамической автофокусировки перейти к такой, которая позволяла бы осуществлять сканирование с частотами, существенно превышающими максимальную частоту в спектре информационного сигнала. Это достигается, например, при осуществлении сканирования путем периодического изменения длины волны излучения ППЛ и использования диспергирующих свойств фокусирующего объектива. Изменение длины волны излучения ППЛ может быть вызвано модуляцией одного или нескольких параметров резонатора и активной среды [6-10]. Ясно, что для того, чтобы модуляция длины волны излучения ППЛ не приводила к изменениям его других параметров и, прежде всего, ощутимой паразитной модуляции интенсивности излучения, девиация длины волны должна быть небольшой, а, следовательно, фокусирующий объектив должен обладать достаточно сильным хроматизмом. Таким объективом как раз и является объектив, построенный на основе ДОЭ [11].

Действительно, как показано в [1], требование коррекции сферохроматизма, обусловленного тепловым уходом длины волны излучения или разбросом длин волн ППЛ, накладывает ограничение на максимально допустимое фокусное расстояние ДОЭ. В частности, при средней длине волны излучения ППЛ $\lambda_0 = 0,78$ мкм, входной и выходной апертурах элемента, равных соответственно 0,2 и 0,45 (поперечное увеличение $\beta_0 \approx -0,4$), ДОЭ формирует дифракционно ограниченное пятно, если его фокусное расстояние не превышает величину $f'_0 \approx 2$ мм. Необходимая же девиация длины волны излучения ППЛ $\Delta\lambda_D$, обеспечивающая заданную амплитуду сканирования сфокусированного пятна $\Delta s'_m$, связана с его фокусным расстоянием соотношением

$$\Delta\lambda_D = \lambda_0 \Delta s'_m / f'_0 (1 - \beta_0). \quad (1)$$

При выходной числовой апертуре $A' = 0,45$ амплитуда сканирования сфокусированного пятна выбирается приблизительно равной 0,5 мкм. Отсюда, используя (1), легко получить, что при приведенных значениях f'_0 , β_0 , λ_0 требуемая девиация длины волны $\Delta\lambda_D \approx 0,1$ нм. Такое значение девиации может быть получено без существенной паразитной модуляции интенсивности излучения ППЛ.

Один из возможных вариантов блок-схемы системы динамической автофокусировки с Д0Э представлен на рисунке. Система работает следующим образом. Генератор сканирования осуществляет модуляцию длины волны излучения ППЛ с частотой, существенно превышающей максимальную частоту в спектре информационного сигнала. Модулированное по длине волны лазерное излучение фокусируется Д0Э. Причем, благодаря его хроматизму формируемое элементом изображение перетяжки пучка сканирует вдоль нормали к информационной поверхности диска. Отраженный от нее пучок, несущий как считанную с диска информацию, так и информацию об ошибке фокусировки, проходя в обратном направлении через Д0Э и светоделитель, попадает на фотоприемник. Электрический сигнал с выхода фотоприемника поступает на фильтр, осуществляющий спектральное разделение информационного сигнала и сигнала сканирования, промодулированного сигналом ошибки фокусировки.



Функциональная блок-схема системы динамической автофокусировки, выполненной на основе Д0Э: 1 - ППЛ, 2 - Д0Э, 3 - светоделитель, 4 - фотоприемник, 5 - исполнительный двигатель перемещения считывающей головки, 6 - генератор сканирования, 7 - синхронный детектор, 8 - фильтр, 9 - оптический диск

Благодаря тому, что частота генератора сканирования значительно превышает максимальную частоту в спектре информационного сигнала, фильтр практически полностью разделяет сигналы, даже будучи фильтром низкого порядка, а следовательно, и не вносящим сколько-нибудь ощутимые фазовые задержки. Этим обеспечивается высокое отношение сигнал-шум, высокая точность и помехозащищенность фокусировки. С высокочастотного выхода фильтра сигнал, несущий информацию об ошибке фокусировки на несущей частоте сканирования, поступает на второй вход синхронного детектора, на первый вход которого поступает опорный сигнал с генератора сканирования. Выделенный синхронным детектором сигнал ошибки фокусировки поступает на исполнительный двигатель перемещения считывающей головки, который и обрабатывает этот сигнал.

Таким образом, описанная в настоящей работе система совместно с результатами работ [1,2] решает круг наиболее важных вопросов, связанных с эффективным использованием дифракционных элементов в системах считывания информации с оптических дисков.

Л и т е р а т у р а

1, Грейсук Г.И., Степанов С.А. Синтезированные дифракционные элементы для устройств считывания информации с оптических дисков // Компьютерная оптика. М.: МЦНТИ, 1987, вып. 1, с. 173-177.

2. Коронкевич В.П., Пальчикова И.Г., Полещук А.Г. Считывание информации с компакт-дисков лазерной головкой с дифракционной оптикой // Квантовая электроника, 1988, т. 15, № 10, с. 2128-2134.

3. В о л о г д и н Э.И., Ш т у т м а н Л.М. Широкодиапазонные дискриминаторы системы автоматической фокусировки лазерных проигрывателей // Техника средств связи. Сер. ТРПА, 1979, № 2, с. 77-89.

4. В о л о г д и н Э.И. Динамические методы автоматической фокусировки // Техника средств связи. Сер. ТРПА, 1979, № 2, с. 99-110.

5. Pat. 2131576 (A) G.B., 1 NT CL³ G11 B 7/00. Improvements in or relation to Apparatus to Focus Light an Surface // M.C. Hutley. Appl. publ., 1984.

6. D a n d r i d g e A., G o l d i n g L. Current-induced Frequency Modulation in Diode Lasers // Electron. Lett., 1982, v. 11, N 7, p. 302-304.

7. T o s h i h i r o F u j i t a. Variable Frequency Semiconductor Laser // Patent Abstracts of Japan E-1984, v. 8, N 142: 59-52893(A).

8. T o s h i h i r o F u j i t a. Frequency Variable Semiconductor Laser // Patent Abstracts of Japan E-1984, v. 8, N 167: 59-66183(A).

9. C o r z i n e S.W., C o l d r e n L.A. Continuous Electronic Tunability with Constant Amplitude in Tree-terminal Single-frequency Laser. In Techn. Dig.: 10 IEEE Inf. Semiconduct. Laser. Conf. Tokyo, p. 168-169.

10. S a t o T., V a s h i m a S., S h i m b a V. Frequency shift of Ga Al As diode laser in maguetio field // Electron Lett., 1986, v. 22, N 19, p. 979-981.

11. А.с. 1432600 СССР, МКИ G11 B 7/12. Устройство для автоматической фокусировки излучения на информационную поверхность оптического диска / В.П. Лунев, В.И. Шугаев, Г.И. Грейсух, С.А. Степанов. - Оpubл. 1988. Бюл. № 39.
