

# КОМПАКТНЫЙ ЛАЗЕРНЫЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ НАНОПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Е. М. Крючков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова  
г. Барнаул

Еще Исаак Ньютон в своем труде «Математические начала натуральной философии» заложил основы классической механики, но современная тенденция к миниатюризации показала, что вещество может иметь совершенно новые свойства, если взять очень маленькую частицу этого вещества. Контролировать процессы в наном мире достаточно сложно в виду недостаточного развития аппаратных средств.

На сегодняшний день, исследования в области нанотехнологий чрезвычайно популярны и существует множество отдельных направлений: наномедицина, нанoeлектроника, нанотекстиль и т.д. В каждом направлении получаемые результаты необходимо контролировать, например размеры углеродной нанотрубки или перемещение нанодвигателя. Однако, соответствующие методы измерения и контроля явно отстают от потребностей. Даже термин «наноизмерения» появился относительно недавно – в 90-х годах прошлого века [1]. А система сертификации продукции наноиндустрии была введена корпорацией РОСНАНО только в 2008 году.

В связи с этим разработка новых методов и средств наноизмерений является актуальной задачей. На кафедре информационных технологий был разработан лазерный оптико-электронный измеритель микро- и наноперемещений, способный решить ряд проблем наноиндустрии. Область применения разработки достаточно широка – это анализ колебательного поля при работе микросхем, разработка миниатюрных пьезорезонансных датчиков на связанных колебаниях, контроль перемещения шагового пьезодвигателя, исследование нановибраций биологических структур, разработка нанопроводов для контроля при производстве малых объектов, таких как нанотрубки и т.д [1].

На рисунке 1 изображена блок-схема оптико-электронного преобразователя, который позволяет устранить недостатки триангуляционного и пространственно – модуляционного методов. Недостаток триангуляционного метода в сложной схеме преобразования сигнала при использовании многоэлементного фотоприемника. Недостаток простран-

венно-модуляционного метода – наличие узкой диафрагмы, которая снижает соотношение сигнал/шум и приводит к необходимости сложной юстировки [2].

Предложенная схема измерительного преобразователя лишена описанных недостатков: она использует минимум оптических элементов, в качестве фотоприемника используется пара интегральных элементов (фотодиодов). В случае идеального лазера и отсутствия атмосферных помех, точность измерения не зависит от расстояния до объекта измерения, что позволяет снизить требования к юстировке и повысить оперативность производимых с помощью системы измерений.

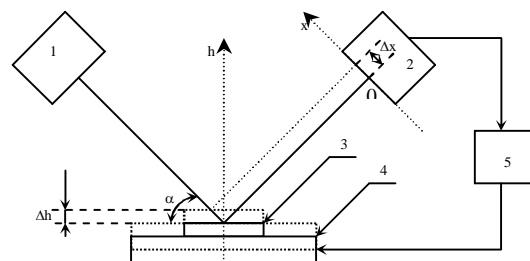


Рисунок 1 – Структурная схема оптико-электронного преобразователя

На рисунке 1 изображены: 1 – лазер; 2 – фотоприемное устройство (ФПУ); 3 – зеркальная поверхность; 4 – пьезорезонансный датчик; 5 – измерительный блок, включающий ЭВМ.

Измерительный блок 5, в свою очередь, состоит из генератора и регистратора. Генератор состоит из звуковой карты (ЦАП аудиокарты RealTek AC'97 Audio), усилителя (рисунок 4) и программного обеспечения, написанного в среде MatLab 7.0. Регистратор состоит из предварительного дифференциального усилителя (рисунок 2), согласующего повторителя (рисунок 3), платы сбора данных LAN20PCI, программного обеспечения ADCLab и программного обеспечения собственной разработки, написанного в среде MatLab 7.0. На рисунках 2, 3 и 4 представлены электрические схемы модулей.

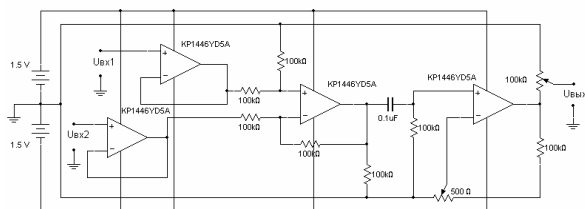


Рисунок 2 – Предварительный дифференциальный усилитель

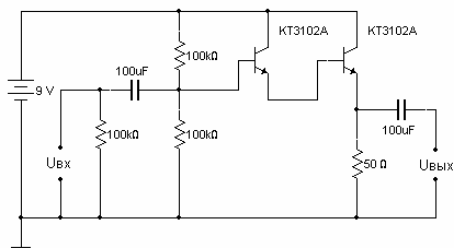


Рисунок 3 – Согласующий повторитель напряжения

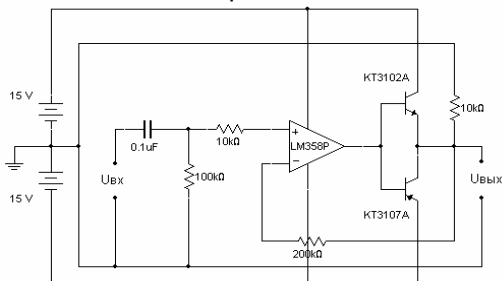


Рисунок 4 – Усилитель

Фотоприемное устройство, работающее в дифференциальном режиме снимает картину перемещений зеркала. Это позволяет повысить соотношение сигнал/шум и уменьшить влияние фоновой засветки. Для уменьшения помех сами фотодиоды находятся в экранированном корпусе. За небольшим отверстием следует туннель выстланный светопоглощающим материалом – черным бархатом [5].

В качестве напряжения питания фотодиодов (10В) используются батареи типа 6LR61. Это исключает влияние помех сетевого напряжения на фотоприемное устройство. Уменьшение напряжения с 10В до 9В не сказывается на рабочих характеристиках фотодиодов [4].

Так как фотоприемником является пара фотодиодов, то происходят колебания тока. На первом этапе производится преобразование тока в напряжение.

В качестве операционного усилителя микросхему КР1446УД5А. Основными критериями выбора являются высокое входное сопротивление ввиду наличия полевых транзисторов на входе и большой коэффициент усиления ОУ, что позволяет использовать его

ПОЛЗУНОВСКИЙ АЛЬМАНАХ №2 2010

для измерения малых токов. В технической документации приведена рекомендация к использованию данного ОУ в качестве преобразователя ток-напряжение в измерительной цепи пикоамперметра.

Далее в дифференциальном усилителе происходит получение разности двух напряжений с дальнейшим усилением сигнала.

Повторитель напряжений используется как буферный усилитель, для исключения влияния низкоомной нагрузки на источник с высоким выходным сопротивлением. Для него была выбрана микросхема общего назначения LM358P с выходным током 30мА и защитой от короткого замыкания. Частота единичного усиления LM358P – 0,7 МГц, а т.к. он используется в качестве повторителя, то частота единичного усиления выступает в качестве граничной частоты, что позволяет использовать выбранный ОУ в заданной полосе частот [6].

Сигнал с усилителя поступает на вход платы сбора данных LA-N20PCI, а затем через интерфейс RS-232 поступает в персональный компьютер для дальнейшей обработки.

С помощью интерферометра Майкельсона и пьезорезонансного датчика была произведена калибровка измерительной системы [3]. После калибровки было установлено, что система позволяет производить измерения перемещения поверхности с точностью до 10 нм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1) Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике: пер. с англ. – М.: Постмаркет, 2000.
- 2) Воронов А.С. Оптико-электронная измерительная система для определения комплексного коэффициента передачи пьезоэлементов / А.С. Воронов, С.П. Пронин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2007. – №3. – С.56–59.
- 3) Новичихин А.В. Калибровка лазерного оптико-электронного измерителя наноперемещений // Ползуновский альманах. – 2009. – № 2. – с 72-73.
- 4) Бриндли К. Измерительные преобразователи: справочное пособие: пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
- 5) Ишанин Г.Г. Приемники излучения оптических и оптико-электронных приборов. – Л.: Машиностроение, 1986.
- 6) Мосягин Г.М. Теория оптико-электронных систем: учебник для студентов вузов по оптическим специальностям / Г.И. Мосягин, В.Б. Немтинов, Е.Н. Лебедев. – М.: Машиностроение, 1990.
- 7) Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006.