

ИНЕРЦИОННО-ШАГОВЫЙ ПОЗИЦИОНЕР ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА

© 2008 г. **Е. Ю. Буслов**; **Б. А. Зон**, доктор физ.-мат. наук; **А. А. Чуриков**, канд. техн. наук;
В. А. Шульгин, канд. техн. наук

Воронежский государственный университет, Воронеж

E-mail: zon@niif.vsu.ru

Описана автоматизированная система позиционирования предметного стола микроскопа, основанная на новом методе управления электроприводом постоянного тока. Приводится описание конструкции и программного обеспечения системы позиционирования. Представлены характеристики разработанного на основе излагаемого метода трехкоординатного позиционера предметного стола микроскопа.

Коды OCIS: 180.0180, 220.4880.

Поступила в редакцию 08.11.2007.

Введение

Автоматизированная обработка изображений, получаемых методами оптической микроскопии, представляет несомненный интерес для многих приложений. Для ее реализации необходимо быстрое сканирование объекта, расположенного на предметном столе микроскопа. Это сканирование должно обладать высоким разрешением, сравнимым с длиной волны света (≈ 1 мкм), что предполагает возможность движения предметного стола с шагом подобной величины. Весьма желательно также иметь систему автоматической фокусировки объектива микроскопа.

Хорошо известно, что ограничения по точности позиционирования механических систем, такие как механический люфт, упругие деформации конструкции, “скрип” – надпороговое воздействие по преодолению трения покоя, осложняют выполнение относительного перемещения объектов с указанной выше погрешностью. Оптические, емкостные, индукционные датчики положения в системах со следящей обратной связью [1, 2] решают проблему устранения люфта вследствие отсутствия механической связи сопряженных частей. Тем не менее, повышение точности взаимного позиционирования сопряженных механической связью платформ затруднено в рамках традиционных подходов.

В данной работе конструкция предметного стола микроскопа с автоматизированной системой отсчета положения и компьютерным управлением основана на принципе шагового перемещения объекта, предложенного в [3, 4].

Описание конструкции системы

Известен и широко применяется способ управления скоростью вращения или вращающим моментом электродвигателей постоянного тока, основан-

ный на периодическом подключении и отключении его обмотки от питающего напряжения. Среднее значение скорости определяется относительным временем включения напряжения питания и нагрузкой. Недостаток способа в том, что система регулирования эффективно управляет усредненными динамическими характеристиками электропривода и недостаточно эффективна в переходной области – при разгоне и торможении. Именно эти режимы, а не стабильность скоростного режима движения, преобладают в системах высокоточного позиционирования.

Основная задача, решение которой предложено в данной работе – разработка способа работы электропривода в переходном режиме. Хорошо известно, что математическое описание малых перемещений предмета при наличии внешнего сухого трения под действием ударной нагрузки представляет серьезные трудности, поскольку связано с учетом влияния на перемещение упругих волн, распространяющихся в предмете [5]. Рассматриваемая здесь задача наиболее близка известной задаче Герсванова [6] о забивке свай. Некоторое упрощение обусловлено отсутствием в нашем случае лобового сопротивления. Тем не менее, даже при учете этого упрощения математическая теория изучаемого процесса достаточно громоздка и будет изложена отдельно.

Экспериментальные исследования показали, что для высокоточного позиционирования оптимальным является движение с большим ускорением при кратковременном силовом воздействии. Двигатель постоянного тока разгоняется максимальным рабочим напряжением, а затем тормозится шунтированием обмотки ротора. Это возможно только в шаговом режиме при полной остановке между периодами движения. Интервал между импульсами питания в этом случае превышает время торможения. Пред-

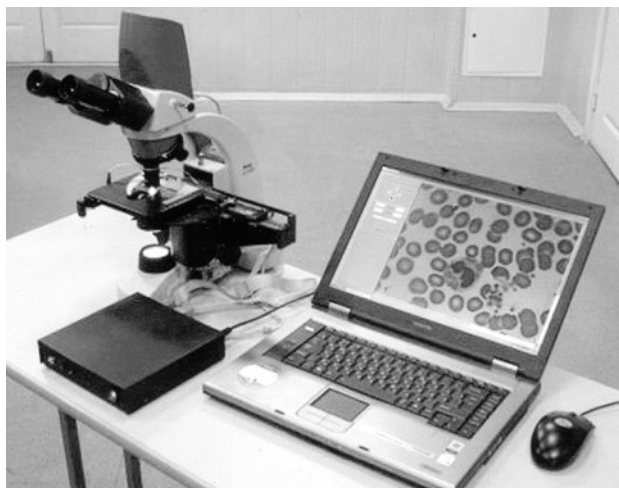


Рис. 1. Общий вид переоборудованного микроскопа Motic DM-BA200 с разработанной системой позиционирования. В качестве объекта наблюдения выбран препарат мазка крови.

ложенный инерционно-шаговый режим движения позволил реализовать высокую точность позиционирования относительно простыми средствами.

В описываемой системе движение предметного стола в горизонтальной плоскости осуществлялось двигателями постоянного тока ДПМ30. Положение предметного стола в горизонтальной плоскости регистрировалось датчиками ЦИО-150/0,01 фирмы ЭНКOP-INSTRIMPEX, точность которых составляет 5 мкм.

Перемещение предметного стола по вертикали осуществлялось двигателем постоянного тока ДПМ20. Положение предметного стола по вертикальной координате фиксировалось линейным энкодером RGH25F30J00A фирмы RENISHAW, представляющим собой открытую бесконтактную оптическую систему с нулевым трением, оснащенную блоком цифрового интерфейса RGF. Разрешение датчика положения RENISHAW составляет 100 нм.

Общий вид системы приведен на рис. 1.

Описание программного обеспечения

Программное обеспечение функционирует на двух вычислительных базах: микроконтроллере ATmega32 фирмы Atmel и персональном компьютере на базе процессора Intel Pentium4, работающем под управлением операционной системы Windows XP.

Программа для микроконтроллера написана на языке ассемблер, чтобы обеспечить максимальную производительность и надежность программного пакета. В функции этого программного обеспече-

ния входит считывание показаний цифрового датчика положения и генерирование управляющего сигнала на электродвигатель постоянного тока, перемещающего платформу позиционера. Программа микроконтроллера также осуществляет связь с программным обеспечением, выполняющимся на персональном компьютере, посредством протокола последовательной передачи данных RS-232.

Алгоритм работы ассемблерной программы микроконтроллера следующий: после перемещения платформы позиционера происходит считывание показаний датчика положения, затем эти данные передаются по каналу RS-232 на персональный компьютер. Программа компьютера выполняет определенные действия, описываемые далее, результатом которых является определение значения следующего шага позиционера. Эти данные передаются по интерфейсу RS-232 в контроллер, который в соответствии с ними формирует управляющий сигнал на двигатель позиционера. После перемещения платформы весь процесс повторяется снова.

Программное обеспечение, установленное в компьютере, выполнено по объектно-ориентированной технологии, то есть состоит из нескольких отдельных объектов – “черных ящиков”, функционально связанных друг с другом (рис. 2).

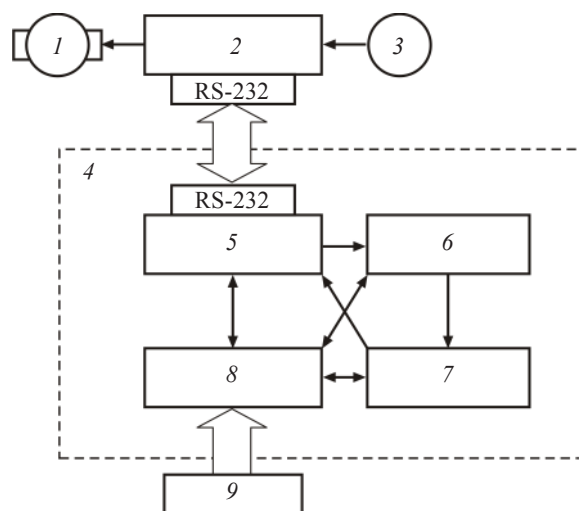


Рис. 2. Блок-схема программного обеспечения. 1 – двигатель позиционера, 2 – программное обеспечение микроконтроллера, 3 – датчик положения, 4 – программное обеспечение персонального компьютера, 5 – программный объект для приема/передачи данных, 6 – программный объект для вычисления текущего шага позиционера, 7 – программный объект для расчета следующего шага позиционера, 8 – программный объект пользовательского интерфейса, 9 – пользователь.

Функции каждого объекта в составе системы следующие. Первый объект организывает прием/передачу данных в программу. Второй объект реализует пересчет принятых через RS-232 данных в физические координаты платформы и расчет на их основании шагов позиционера. Третий объект на основе информации обо всем предыдущем перемещении платформы и положении целевой точки вычисляет параметры следующего шага двигателя, необходимые для обеспечения равномерности перемещения. Четвертый объект формирует пользовательский интерфейс программы, предназначенный для ввода управляющих позиционером данных (требуемые шаг, скорость, точность перемещения, координаты целевой точки). Алгоритм программы предусматривает связывание всех перечисленных объектов в единую систему, выполняющую следующие действия: на основе полученных от контроллера данных рассчитывает текущий шаг позиционера, вычисляет расстояние до цели и высылает контроллеру информацию о необходимом перемещении.

Заключение

В результате работы создана система высокоточного позиционирования предметного стола оптического микроскопа без использования пьезоэлементов и шаговых двигателей, обладающая следующими конструктивными и технико-эксплуатационными показателями:

точность позиционирования по горизонтальной плоскости 5 мкм,

максимальная скорость перемещения в плоскости стола 10 мм/с,

диапазон перемещения по горизонтальной плоскости 20×50 мм,

максимальная скорость перемещения по вертикальной координате (фокусировка микроскопа) 10 мм/с,

точность перемещения по вертикальной координате 200 нм,

диапазон перемещения по вертикальной координате 50 мм.

Предложенный способ управления электродвигателем позволил перенести основные трудности, связанные с точностью изготовления механических узлов и проблемой устранения механических люфтов на создание программного обеспечения, реализующего адаптивные алгоритмы формирования управляющих сигналов по заданной целевой функции и данным о пространственном положении объекта. Таким образом, перенесен “центр тяжести” технологии изготовления систем точного позиционирования с устройства самих приводов на цифровую систему управления. Такое решение позволяет существенно снизить стоимость системы позиционирования.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы “Технология мехатроники и создания микросистемной техники” и поддержана грантом CRDF и Минобрнауки RUXO-010-VZ-06.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Nyce D.S.* Linear positon sensors. Theory and application. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2004. 179 p.
2. *Ерофеев А.А.* Пьезоэлектронные устройства автоматики. Л.: Машиностроение, 1982. 212 с.
3. *Буслов Е.Ю., Шульгин В.А.* Способ управления электроприводом постоянного тока // Заявка № 2006102435/09(002644) РФ, заявлено 30.01.2006; положительное решение Роспатента от 18.04.2007.
4. *Buslov E.Yu., Shulgin V.A.* Programmable micro-positioner // Official catalogue of 34th International exhibition of inventions, new techniques and products in Geneva, Switzerland. 5–9 April 2006. Geneva Palexpo, 2006. P. 80.
5. *Исакович М.А.* Общая акустика. М.: Наука, 1973. 496 с.
6. *Никитин Л.В.* Статика и динамика твердых тел с внешним сухим трением. М.: Московский лицей, 1998. 272 с.