

КАЛИБРОВКА ЛАЗЕРНОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ НАНОПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Новичихин А.В.

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

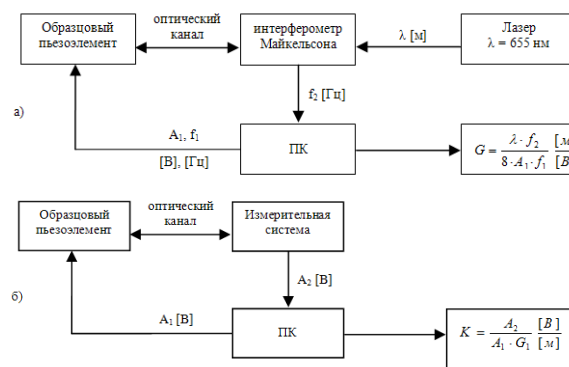
На сегодняшний день, исследования в области нанотехнологий чрезвычайно популярны. Существует множество отдельных направлений: наномедицина, наноэлектроника, нанотекстиль и т.д. В каждом направлении получаемые результаты необходимо контролировать, например размеры углеродной нанотрубки или перемещение 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, исследование нановибраций биологических структур, разработка нанопроводов и т.д. В данной статье описана методика калибровки разработанного прибора с использованием интерферометра Майкельсона.

Целью калибровки любого измерительного прибора является установление зависимости между снимаемыми показаниями и измеряемым свойством некоторого объекта. Существуют различные способы калибровки [2]. Конечно, предпочтительней калибровать приборы по конечным мерам или более точным приборам, однако это не всегда возможно. Для калибровки лазерного оптико-электронного измерителя микро- и наноперемещений был предложен метод, изображенный на рисунке 1.

Метод состоит из 2-х этапов:

1 этап – калибровка пьезокристалла при помощи интерферометра Майкельсона (рисунок 1, а). На этом этапе была установлена зависимость перемещения колеблющейся поверхности пьезоэлемента от приложенного

к контактам напряжения в виде пьезомодуля G [3].



а) калибровка пьезоэлемента

б) калибровка измерительной системы

Рисунок 1 – Схема метода

2 этап – калибровка разработанного прибора (рисунок 1, б). Пьезокристалл с известной характеристикой G был помещен в измерительную систему, что позволило получить зависимость выходного напряжения от перемещения поверхности пьезокристалла в виде линейного коэффициента K [4].

Использованный в работе интерферометр Майкельсона был собран по схеме, изображенной на рисунке 2.

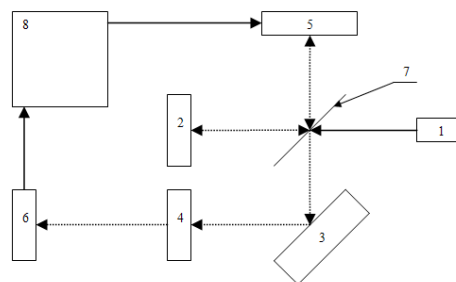


Рисунок 2 – Блок-схема измерительной установки на базе интерферометра Майкельсона

На рисунке 2 обозначены: 1) лазер мощностью 7 мВт с длиной волны 655 нм; 2) зеркало; 3) зеркало; 4) линза; 5) пьезоэлемент с закрепленным на нем зеркалом; 6) фотоприемник, представляющий собой фотоэлемент, помещенный в светонепроницаемый короб с

тонкой щелью; 7) полупрозрачное зеркало; 8) измерительный блок, включающий ЭВМ.

Эксперимент проводился в линейной, не резонансной части характеристики пьезоэлемента. Для уменьшения влияния сетевой наводки была выбрана рабочая частота 150 Гц.

Измерительный блок определяет разность хода двух световых лучей – одного от лазера через оптическую систему, и второго, смещенного посредством системы зеркал с учетом собственных колебаний пьезоэлемента [5].

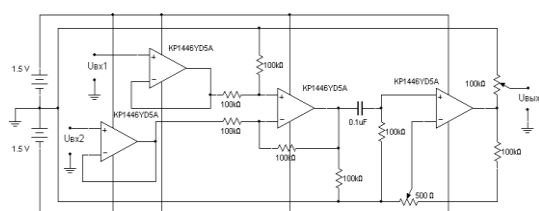


Рисунок 3 – Предварительный дифференциальный усилитель

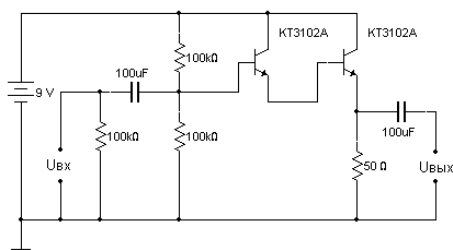


Рисунок 4 – Согласующий повторитель напряжения

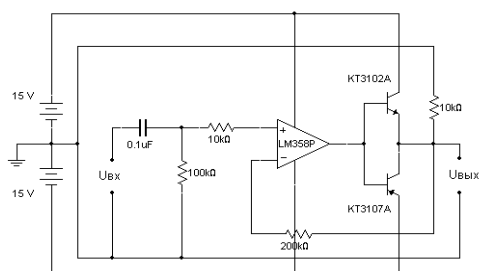


Рисунок 5 – Усилитель

Измерительный блок 8 состоит из генератора и регистратора. Генератор состоит из звуковой карты (ЦАП аудио-карты 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 LA-N20PCI, программного обеспечения ADCLab и программного обеспечения собственной разработки, написанного в среде MatLab 7.0. Электрическая часть представлена на рисунках 3, 4, 5.

С измерительной установки 8 на пьезоэлемент 5 был подан синусоидальный сигнал с частотой 150 Гц и амплитудой 14 В. Этот сигнал при помощи интерферометра Майкельсона (1, 2, 3, 4) создал колеблющуюся интерферометрическую картину на фотоприемнике 6, с которого при помощи измерительной установки 8 был снят сигнал с частотой 15251,85 Гц (рисунок 6). Получив эти данные и зная длину волны лазера 655 нм мы можем определить амплитуду колебаний пьезоэлемента - 8 мкм.

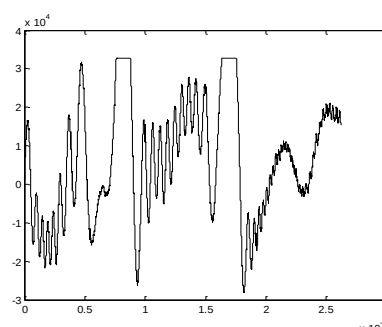


Рисунок 6 – Сигнал, полученный с интерферометра

Таким образом, с помощью предложенной схемы была откалибрована разработанная измерительная система. После калибровки было установлено, что система позволяет производить измерения перемещения поверхности пьезоэлемента с точностью до 10 нм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тодуа П.А. Метрология в нанотехнологии // Российские нанотехнологии. – 2007. – Том 2. – № 1-2. – С. 61-69.
2. Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике: пер. с англ. – М.: Постмаркет, 2000.
3. Балакирев, М.К. Волны в пьезокристаллах / М.К. Балакирев, И.А. Гилинский; отв. ред. С.В. Богданов. – Новосибирск: Наука, 1982.
4. 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.
5. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие для вузов. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Дрофа, 2006.
6. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов: учеб. пособие для вузов. – Л.: Машиностроение, 1977.
7. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2006.