

Использование шероховатых шариков в качестве опоры маятника позволяет уменьшить требования к шероховатости поверхности при относительной оценке твердости материала опор маятника.

1. Gilavdary, I. Mekid, Samir; Riznookaya, Natalia  
A new theory on pure pre-rolling resistance

УДК 681.5: 0049

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ПОМОЩЬЮ МИКРОПРОЦЕССОРА RASPBERRY PI

Достанко А.П., Ланин В.Л., Лаппо А.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь*

Современное производство изделий электроники является сложным и многокомпонентным процессом, включающим большое число различных технологических операций. Для обеспечения высокого выхода годных изделий необходим постоянный контроль режимов технологических процессов и параметров изготавливаемых изделий. Трудоемкость контрольно-измерительных операций в настоящее время достигает до 50% от общей трудоемкости изготовления изделий. Поэтому проблема снижения трудоемкости контроля и одновременного повышения качества изделий не может быть решена без широкого применения компьютерной техники.

Микроконтроллерное управление технологическими процессами является бурно развивающейся областью науки и техники, которая активно поддерживается государством и множеством частных компаний. В связи с этим, становится актуальной задача подготовки молодых специалистов в этой области, которые могли бы заниматься решением проблем машинного зрения, искусственного интеллекта и автоматического управления.

В отличие от существующих аналогов в качестве основы для управления технологическими процессами используется одноплатный компьютер Raspberry PI. Это устройство включает в себя микропроцессор с архитектурой ARM11, 512Мб оперативной памяти и встроенный графический процессор (рисунок 1).. Благодаря такой комбинации, на Raspberry PI можно решать ресурсоемкие задачи машинного зрения и искусственного ин-теллекта, а также управления технологическими процессами.

Компьютер Raspberry PI снабжен двумя портами USB2.0, HDMI и композитным видеовыходом, что позволяет выполнять лабораторные работы без использования отдельного персонального компьютера. Управляющая программа со-

through pendulum oscillations / I. Gilavdary, S. Mekid, N. Riznookaya // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part J-Journal of Engineering Tribology – 2013. –Vol. 227, Issue J6 – P. 618-628.

ставляется и тестируется на стороне Raspberry PI в графической среде операционной системы Debian. Отдельно следует отметить наличие входов/выходов общего назначения и распространенных шин передачи данных: SPI, I2C и UART. Эти электронные интерфейсы значительно упрощают соединение с различными датчиками (термопарой), индикаторами и исполнительными устройствами.



Рисунок 1 – Внешний вид миникомпьютера Raspberry PI

К Raspberry PI подключается внешнее измерительное устройство ОВЕН ТРМ210 – ПИД-регулятор температуры, давления или других физических величин, предназначен для измерения и точного поддержания заданных параметров в различных технологических процессах (рисунок 2).. Используется в составе сложного технологического оборудования: экструдеров, термопласт-автоматов, печей, полиграфического, вакуум-формовочного оборудования и т.п.

Технические характеристики и интерфейсы Raspberry PI:

- CPU&GPU - центральный процессор с ин-

тегрированным графическим ускорителем

- 512MB RAM - модуль ОЗУ 512Мб
- HDMI - выход HDMI для подключения цифрового дисплея высокого разрешения
- RCA Video - выход RCA для подключения аналогового дисплея
- Audio - выход звуковой карты
- USB – порт USB
- LAN - порт сети Ethernet
- LEDs – набор индикаторов работы сети, питания и флешкарты
- GPIO (General Purpose Input/Output) – порт ввода/вывода общего назначения
- Power – разъем питания microUSB
- SD Card – разъем для флеш карты с операционной системой



Рисунок 2 – Структурная схема измерения температуры: 1 – датчик температуры (термопара), 2 – измеритель-регулятор TPM210, 3 – автоматический преобразователь интерфейса AC4, 4 – мини-компьютер

Исходя из технических возможностей одноплатный компьютер Raspberry PI является оптимальным выбором по характеристикам мощность/функциональность/цена. Он поддерживает встроенные библиотеки C++ и Python. Программа на C++ обладает большим быстродействием по отношению к программе на Python, из-за чего уменьшается точность вычислений, таким образом для процессов протекающих длительное время с частыми изменениями рекомендуется писать программы для контроля технологическими процессами на C++.

Подключение ОВЕН TPM210 производится посредством встроенного интерфейса RS-485, однако необходимо преобразование интерфейсов из RS-485 в USB, что реализуется с использованием автоматического преобразователя интерфейсов USB/RS-485 ОВЕН AC4 (рисунок 3).

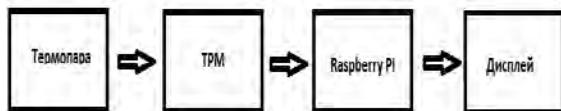


Рисунок 3 – Схема контроля термопрофилей пайки

Исследованы зависимости прочности и переходного электрического сопротивления паяных соединений, выполненных с применением трех

типов припоев: оловянно–свинцового ПОС61, бессвинцовых SAC (Sn 96,5Ag3Cu0,5) и ПОМ (Sn 99,3Cu0,7) от температуры пайки и активации электрическим током. В процессе пайки через соединение пропускался ток от внешнего источника. Температуру в зоне пайки контролировали прибором TPM1. В соответствии с ГОСТ 28830-90 образцы для испытания на растяжение были выбраны в виде двух латунных стержней диаметром 3,5 мм, а для равномерности распределения напряжений растяжения в соединении была обеспечена соосность стержней.

Нагрев зоны пайки осуществляли с помощью жала паяльника, подключенного к паяльной станции Proskit, поддерживающей температуру жала на заданном уровне с точностью до 1°C. Прочность паяных соединений образцов проверяли методом нормального разрыва на разрывной машине РП-100, а переходное сопротивление измеряли по 4-х проводной схеме с помощью источника тока и вольтметра В7-73/1.

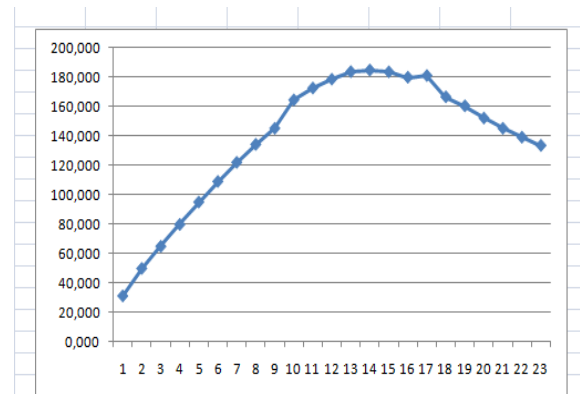


Рисунок 4 – Термопрофиль пайки

С помощью компьютера получены термопрофили процесса пайки для различных режимов процесса пайки бессвинцовыми припоями (рисунок 3). Установлено, что с применением токовой активации и мощности нагрева электронных компонентов 35 Вт процесс пайки стабилизируется, что обеспечивает равномерный и необходимый прогрев, при этом рост температуры составил 5% (10°C) по сравнению с пайкой без токовой активации, что эквивалентно увеличению мощности с 35 до 50 Вт.

Применение токовой активации позволило добиться снижения переходного сопротивления на 6–8% и повысить прочность паяных соединений припоем ПОС-61 на 8–10%.

Токовая активация может найти свое применение в силовых и высоковольтных разъемах и соединениях, пайка которых традиционным способом ввиду их большой площади сечения затруднительна из-за сложности обеспечения равномерного и необходимого прогрева, а также при пайке металлов с высоким сопротивлением (например, нихрома и вольфрама).

1. Ланин, В.Л. Электромонтажные соединения в электронике: технология, оборудование, контроль качества / В.Л. Ланин, В.А. Емельянов. – Минск: Интегралполиграф, 2013. – 406 с.
2. Интегрированные технологии микро- и наноструктурированных слоев / А.П. Достанко [и др. ] ; под ред. А.П. Достанко и В.Л. Ланина. – Минск: Бестпринт, 2013, –189 с.

УДК 621.384.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНИХ УГЛОВ РАССЕЙНИЯ БЕТА-ЧАСТИЦ В РАДИОИЗОТОПНОМ ПЛОТНОМЕРЕ

Ермакович О.Л., Лисовский Г.А., Титовицкий И.А.

Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ  
Минск, Республика Беларусь

Одной из проблем при использовании радиоизотопного плотномера в составе сканирующей системы для непрерывного контроля массы квадратного метра бумажного полотна является проблема по минимизации погрешности прибора при вертикальном смещении полотна в измерительном зазоре. Указанный сдвиг вызывает нежелательное изменение сигнала детектора, которое обрабатывающая программа ошибочно воспринимает как изменение массы. Причина изменения сигнала: уширение первичного пучка бета-частиц в результате их рассеяния в контролируемом материале и, как следствие, выход части потока в малочувствительную область детектора или вовсе за его пределы. Именно рассеяние бета-частиц обуславливает чувствительность получаемой информации к геометрии измерительного тракта, что нашло подтверждение в экспериментах по измерению коэффициента поглощения бета-частиц [1].

Снижение указанной погрешности можно реализовать путем локализации рассеянного излучения в более узком телесном угле. При этом не следует забывать, что любое ограничение потока бета-частиц вызывает рост случайной составляющей  $\Delta_{сл}$  основной погрешности  $\Delta$ , вызванной статистическим характером радиоактивного распада применяемого бета-источника  $Kr-85$ . В этой связи необходимо находить оптимальное соотношение между снижением  $\Delta_{сист}$  и ростом  $\Delta_{сл}$ . Одним из способов уменьшения погрешности плотномера является коллимация излучения непосредственно перед входным окном ионизационной камеры. Однако, без детального изучения процессов рассеяния в измерительном тракте радиоизотопного плотномера, невозможно целенаправленная разработка конструкции такого коллиматора.

Цель работы – определить средние углы в пространственном распределении рассеянного излучения в калиброванных пленках мер поверхностной плотности (МПП) [2]. Также исследовать угловую зависимость отклика камеры при зондировании узким лучом бета-излучения в радиальном направлении и, как следствие, выра-

ботать техническое решение по уменьшению погрешности измерений радиоизотопного плотномера.

В качестве датчика потока бета-частиц использовался блок детектирования радиоизотопного плотномера ЛЕБ-1 с цилиндрической токовой ионизационной камерой *LND 52024*. Входное окно камеры диаметром 70 мм представляло собой стальную фольгу толщиной 25 мкм. Выходной сигнал усиливался предварительным усилителем и далее поступал на вход АЦП. Сигнал камеры (десятичный код АЦП) пропорционален суммарной энергии потока частиц, проникающих в ее рабочий объем. В качестве источника бета-излучения использовался блок излучателя плотномера с закрытым источником *BKr.P02* заполненного радионуклидом  $Kr-85$  активностью 10 Гбк. Средняя энергия излучаемых бета-частиц – 0,246 МэВ, максимальное значение в спектре – 0,674 МэВ. В конструкцию блока излучателя были установлены дополнительные коллиматоры, формирующие узкий поток бета-частиц с углом раствора  $\sim 12^\circ$ . Вплотную к выходному окну коллиматоров помещались МПП с номинальными значениями плотности,  $г/м^2$ : 69, 178 и 400.

Достаточно большой радиус входного окна ионизационной камеры, равный 35 мм, позволяет с помощью отверстия с радиусом 1 мм сканировать в радиальном направлении ее отклик на поток рассеянного излучения. Указанное отверстие выполнено в стальной экранирующей пластине, перекрывающей входное окно камеры и оставляющей свободной для прохождения излучения лишь малую область. Пластина сдвигалась в плоскости параллельной входному окну с шагом 1 мм с одновременной регистрацией сигнала. Далее сигнал нормировался на свое максимальное значение при  $\rho = 0$ , где  $\rho$  – расстояние, отсчитываемое от центра входного окна камеры в ее радиальном направлении. Полученная экспериментальная зависимость  $N(\theta)$  несет в себе лишь частичную информацию об угловом распределении рассеянного излучения и требует внесения корректирующих поправок, вызванных