

РОЗРОБЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ДЛЯ ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТА ТЕХНІЧНИХ МЕТОДІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

В роботі представлено методичні матеріали для курсу основ фізичних методів вимірювань та технічних методів автоматизації.

Проблема автоматизації фізичних вимірювань та аналізу вимірювань в режимі реального часу є актуальною, оскільки існують суттєві труднощі використання готових програмно-апаратних комплексів у специфічних завданнях вимірювань фізичних величин.

Наразі існують програмно-апаратні платформи для швидкого проектування, налагодження та апаратного прототипування. Найбільш поширеними є ті що побудовані на основі мікрокомп'ютерів серії Raspberry Pi та подібних та мікроконтролерів серії Arduino.

Наявні програмно-апаратні комплекси (АПК) доцільно застосувати для вирішення завдань фізичних вимірювань довготривалих процесів, побудови АПК для розв'язання заданих задач фізичних вимірювання.

Мета розробленого комплексу лабораторних робіт - ознайомити студентів з основами роботи з апаратними платформами Raspberry Pi і Arduino, навчити будувати власні програмно-апаратні рішення. В лабораторних роботах сформовано акцент на можливості використання Raspberry Pi і Arduino для вимірювання фізичних величин з використанням готових датчиків сенсорних наборів для Arduino та Raspberry Pi.

При розробленні власних АПК необхідно враховувати, що кожне таке рішення має модульну структуру та кожен фізичний датчик по різноманітним інтерфейсам може взаємодіяти з мікроконтролером або мікрокомп'ютером.

Лабораторні роботи підібрані з метою послідовного ознайомлення студентів з різними протоколами взаємодії датчиків (1-Wire, SPI, I2C), принципами роботи та основними відмінностями між аналоговими та цифровими датчиками, основними принципами взаємодії з аналогово-цифровими перетворювачами за допомогою Raspberry Pi.

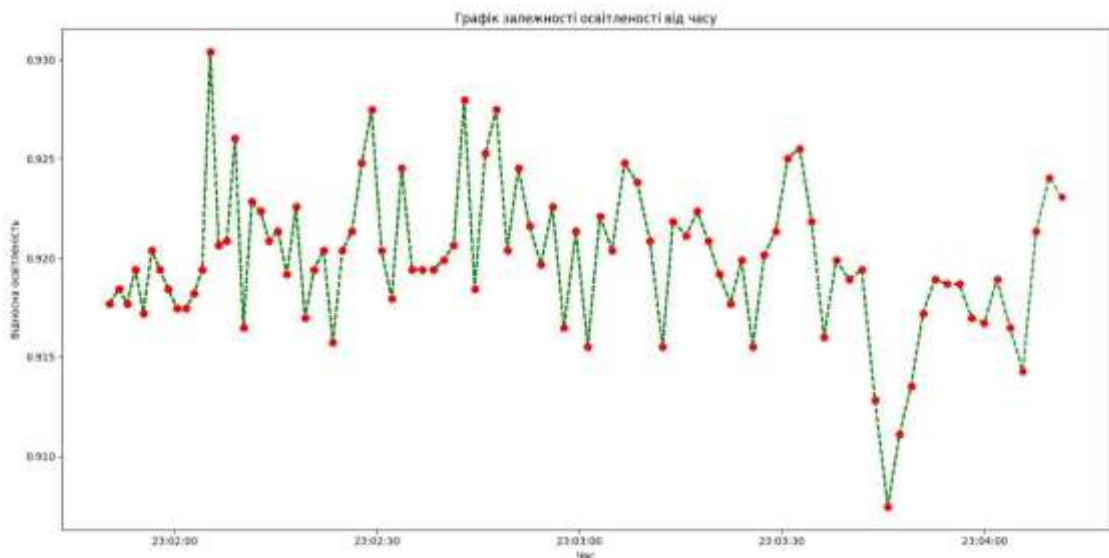


Рис. 1. Приклад вимірювання освітленості за допомогою Raspberry Pi з використання АЦП та програми розробленої на за допомогою мови програмування Python.

На основі отриманих компетентостей після проходження курсу кожен студент матиме чітке уявлення про принципи побудови та шляхи реалізації конкретних автоматизованих фізичних лабораторних робіт.

Список використаних джерел і літератури

1. Рябко А. В., Толмачов В. С. Автоматизація установок для лабораторного практикуму з механіки з використанням апаратно-програмної платформи arduino // Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. – 2018. – Т. 2. – №. 173. – С. 165-168.
2. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М, Яцук В.О. та ін. «Метрологія та вимірювальна техніка», за ред. Є.С. Поліщука, — Львів: Бескид Біт, 2003. — 544 с.

Науковий керівник: д.ф.-м.н., професор кафедри фізики Ляшенко Ю.О.

Дерева'янюк С. І.

Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ Zn НА ВИБІР ДИФУЗІЙНОГО ШЛЯХУ В СИСТЕМІ Cu-Sn-Zn

Однією із головних складових будь-якої мікросхеми є контактне з'єднання. Контактне з'єднання утворюється внаслідок термічної обробки припою (Sn) та мідного контакту. В результаті взаємодії в системі Cu-Sn ростуть проміжні фази ϵ -Cu₃Sn та η -Cu₆Sn₅. Одним із головних факторів руйнування контактного з'єднання під час експлуатації електронних пристроїв є наявність і ріст пор в фазі ϵ -Cu₃Sn, як в об'ємі так і на інтерфейсі [1].

Для покращення технологічних характеристик в припій, основу якого складає Sn почали додавати інші елементи такі як Pb, Ag, Ni, Al, Mg та інші [2]. Ці доданки впливали на характеристики самого контактного з'єднання: могли підвищувати чи понижати температуру розплаву, послідовність росту проміжних фаз та їх швидкість росту, що допомагало частково або повністю вирішити існуючі проблеми (високі температури пайки, проблему утворення пор та тріщин).

Встановлено, що одним із таких доданків, який гальмував утворення фаз ϵ -Cu₃Sn та η -Cu₆Sn₅ є Zn. В статті [3] описано дифузійну еволюції в системі SnBiIn-2 ат.% Zn / Cu за температури 120°C та утворення через 5 хв. проміжної фази γ -Cu₅Zn₈ товщиною близько 0,36 мкм. В цій роботі була побудована модель, що пояснює темпи росту інтерметалічної сполуки γ -Cu₅Zn₈.

В статтях [4, 5] описані експериментальні дослідження додавання Zn до Sn та його дифузійна еволюція з Cu. Кількість Zn в твердому розчині зі Sn впливає на вибір дифузійного шляху. В експерименті з використанням припою Sn-0.5мас.%Zn за температури 250°C в дифузійній парі з Cu ми бачимо ріст тільки однієї фази η -Cu₆Sn₅ і не спостерігаємо утворення ϵ -Cu₃Sn. При збільшенні концентрації Zn до 0.7-1 мас. %, утворюється проміжна фаза β -CuZn та η -Cu₆Sn₅. У випадку коли концентрація Zn збільшується до 2 мас. % в розчині утворюється фаза γ -Cu₅Zn₈. В статті [6] для дифузійної пари з міддю за температури 250°C використовували евтектичний розчин Sn-9 мас.%Zn і в результаті термічної обробки після 5 секунд утворювалась проміжна фаза в високою концентрацією Zn, а саме ϵ -CuZn₅, після 40 секунд – ϵ -CuZn₅ та ϵ -CuZn₄. Після 90 секунд відпалу ростуть фази ϵ -CuZn₄ та γ -Cu₅Zn₈ (Рис. 1, 2) [7].

Метою нашої роботи є дослідження впливу концентрації Zn в припої на вибір дифузійних шляхів в даній потрійній системі та дослідження послідовності утворення проміжних фаз в контактному з'єднанні. Основною задачею є визначення критичної товщини η -Cu₆Sn₅ фази при якій в дифузійній зоні починається ріст β -CuZn фази та визначення впливу термодинамічних параметрів на критичну товщину та концентрацію Zn в припої. Аналіз проведений із застосування кінетичного та термодинамічного критеріїв. Термодинамічний критерій будується з використанням принципу максимальності виробництва ентропії [8]. Аналіз побудовано на основі моделі, що розроблена в роботах [9, 10], де описана потрійна система, та вплив термодинамічного та кінетичного критеріїв на початок росту та пригнічення росту фаз на основі принципу максимальності виробництва ентропії [1, 8].

Таким чином, в результаті нами було досліджено модельну систему Cu-Sn-Zn та описано три дифузійні шляхи за температури 250 °C: з ростом β -CuZn та η -Cu₆Sn₅ фаз, з ростом β -CuZn