

Telecommunication Strain Measuring System

Roman Koretskii, Stepan Nichkalo,
Yuriy Kogut, Yevhen Berezhanskii

Semiconductor Electronics Department, Lviv Polytechnic National University, UKRAINE, Lviv, S. Bandera street 12,
E-mail: rkoretsky41@gmail.com

Modern industry requires intelligent sensors to measure various parameters operating in wide temperature range. As sensitive elements such systems use piezoresistive materials which have high performance parameters and are low cost. At the same time due to the simplicity of their manufacturing and a wide range of applications silicon whiskers represent a particular interest. In addition, these crystals have a perfect surface and very high mechanical stability. One of their possible application area is use as sensors to control strain, deformation of various constructions. Moreover, resistance strain gauges based on silicon whiskers differ from well-known discrete silicon strain gauges unique mechanical properties, making possible to measure static and dynamic deformation in a wide amplitude range and are suitable for extended operating temperature ranges from cryogenic to +350 °C. Here we report the realization of telecommunication strain measuring system which consists of primary transducer, signal transducer scheme, signal processing scheme and mobile phone. Data processing is provided by the microcontroller Atmega16, which communicates with users by mobile phone. The developed microcontroller software verifies channels to which resistance strain gauges are connected with. Due to integrated into microprocessor multifunctional modules the signal amplification is performed by software. This signal comes from Wheatstone bridge which is the primary transducer of the system. The working bridge serves as one of the outside bridge shoulder which sends a signal to another microcontroller channel and serves as the main temperature correction. Using AT commands supported by each phone, the software for the transmission and receipt of necessary data was developed. Having set the required time intervals and thresholds it is possible to get information about building and, if necessary, to conduct unscheduled measurements by sending the command to measuring system. Thus, the measurement system enables monitoring of inaccessible sites where is necessary to control strain of industrial or civilian buildings, and the developed complex software makes possible to provide not only periodic measurements, i.e. clearly defined at time intervals, but aperiodic.

Система для бездротового вимірювання деформації

Роман Корецький, Степан Нічкало,
Юрій Когут, Євген Бережанський

Кафедра напівпровідникової електроніки,
Національний університет "Львівська політехніка",
УКРАЇНА, м.Львів, вул.С.Бандери, 12,
E-mail: rkoretsky41@gmail.com

Реалізовано локальну автоматизовану вимірювальну систему на основі ниткоподібних кристалів кремнію для моніторингу деформації різноманітних конструкцій. Для забезпечення гнучкості використання даного вимірювального комплексу здійснено підключення до мобільного телефону, завдяки якому відкривається можливість дистанційної передачі даних від об'єкта до користувача не залежно від місця розташування досліджуваної конструкції. Для розширення функціональних можливостей системи було розроблено програмний комплекс, який дозволяє проводити не тільки періодичні вимірювання, а й за необхідності позачергові.

Ключові слова – сенсор деформації, ниткоподібний кристал, GSM мережа, мікроконтролер, промислові конструкції.

I. Вступ

Сучасна промисловість потребує інтелектуальних сенсорів для вимірювання різноманітних параметрів, здатних працювати в широкому діапазоні температур. В якості чутливих елементів такі системи використовують п'єзорезистивні елементи, які характеризуються високими експлуатаційними характеристиками і низькою собівартістю. У той же час особливий інтерес на сьогодні представляють ниткоподібні кристали (НК) на основі кремнію [1]. Це зумовлено простотою їх виготовлення та широким спектром застосування, оскільки ці кристали мають досконалу поверхню і дуже велику механічну стійкість. Однією з можливих областей застосування даних кристалів є використання їх у якості датчиків для контролю напруженості, деформації різноманітних промислових конструкцій [2]. У даній роботі показано реалізацію програмно-апаратного комплексу для дистанційного вимірювання деформації таких об'єктів.

II. Характеристика сенсора деформації

Одним із складових елементів вимірювальної системи є сенсор деформації на основі ниткоподібних кристалів кремнію (Рис.1).

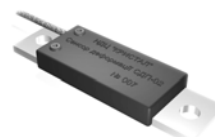


Рис.1. Зовнішній вигляд сенсора деформації на основі кремнієвого ниткоподібного кристалу

Тензорезистори на основі ниткоподібних кристалів кремнію відрізняються від відомих дискретних крем-

нієвих тензорезисторів унікальними механічними властивостями, дозволяють вимірювати статичні і динамічні деформації у широкому амплітудному діапазоні, придатні для розширених інтервалів робочих температур – від криогенних до +350 °С, а також вирізняються гнучкою технологією їх виготовлення з мінімальними відходами напівпровідникових матеріалів. Проведені механічні випробування розроблених кремнієвих тензорезисторів показали, що вони витримують більше 107 циклів навантаження-розвантаження за рівнів деформації не менше $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ відн. одн. без руйнування і утворення тріщин. Тензорезистори на основі НК кремнію витримують деформації розтягу стиску $\epsilon = \pm 5 \cdot 10^{-3}$ відн. од. (0,5%). Вони працездатні за дії значного доцентрового прискорення, добре переносять перевантаження, вібрації, ударне прискорення. Тензорезистори на основі НК кремнію *p*-типу провідності з концентрацією бору $(1-5) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ мають найбільш оптимальні характеристики в інтервалі температур +20...+350 °С. При 20 °С їх коефіцієнт тензочутливості рівний $K=100-140$, а температурний коефіцієнт опору рівний $+(0,08-0,12) \% \cdot \text{град}^{-1}$. На Рис.2 показано залежність вихідного сигналу сенсора від деформації, яка має лінійний характер.

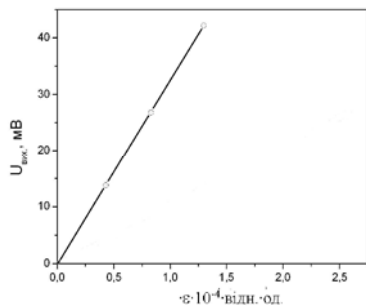


Рис.2. Залежність вихідного сигналу сенсора від деформації при $T=300 \text{ K}$

Внаслідок переходу від аналогових вимірювань до цифрових актуальним стає завдання створити апаратно-програмний комплекс для обробки і передачі набору даних.

III. Програмно-апаратне рішення

Обробка даних проводиться на мікроконтролері Atmega16, який здійснює обмін інформацією із користувачем по GSM мережі, функцію якої виконує мобільний телефон. Використавши унікальні характеристики розроблених датчиків, було реалізовано інтелектуальну систему, яка дозволяє проводити моніторинг об'єкту із заданим інтервалом часу і, використовуючи GSM мережу, за допомогою мобільного телефону надсилати інформацію на персональний комп'ютер користувача. За необхідності проведення додаткового вимірювання інтелектуальна система дає можливість надіслати певну команду датчику, тобто забезпечити зворотний зв'язок з користувачем у будь-який час.

Розроблене програмне забезпечення до мікроконтролера здійснює перевірку каналів, до яких підклю-

чені тензометричні датчики з наступною обробкою сигналу. Завдяки широкій периферії, яка вбудована в даний мікропроцесор програмним шляхом можна здійснювати підсилення вхідного сигналу, який надходить із моста Уйтстона, котрий є первинним перетворювачем системи. У якості сенсора температури, яка діє на тензоперетворювач, використовується схема "міст у мості". Робочий міст слугує одним із плечей зовнішнього мосту, сигнал якого подається на інший канал мікроконтролера і виконує роль температурної корекції основного сенсора деформації. Блок-схема даної вимірювальної системи зображено на Рис.3.

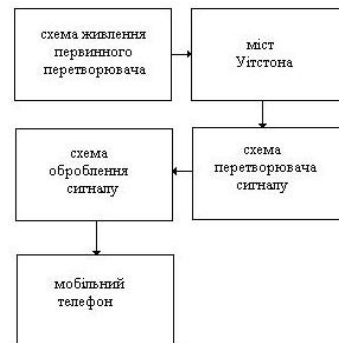


Рис.3. Блок-схема вимірювальної системи

Програмно налаштувавши послідовний порт мікроконтролера (USART) та попередньо узгодивши рівні сигналу з мобільним телефоном, отримуємо доступ до GSM мережі. Використовуючи AT-команди, які підтримуються кожним телефоном, було розроблено програмне забезпечення для передачі та отримання необхідних даних.

Задавши необхідні часові інтервали і граничні значення, маємо змогу отримувати інформацію про стан досліджуваних конструкцій, а за необхідності, провести незаплановані вимірювання, надіславши відповідну команду вимірювальної системи.

Висновок

Таким чином, розроблено вимірювальну систему, яка дає можливість моніторингу важкодоступних об'єктів, для яких необхідно контролювати деформацію промислових чи цивільних конструкцій, а розроблений комплекс програмного забезпечення дає можливість проводити не лише періодичні вимірювання, тобто через чітко задані рівні інтервали часу, а й неперіодичні.

Література

- [1] Дружинин А.А. От полупроводниковых тензорезисторов к микроэлектронным датчикам / Дружинин А.А., Марьямова И.И., Лавитская Е.Н. // Датчики и системы. – 2001. – № 6. – С. 2–7.
- [2] Дружинин А.А. Многофункциональный датчик давления и температуры на основе твердых растворов SiGe / Дружинин А.А., Островский И.П., Матвиенко С.Н., Вуйчик А.М. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – № 6. – С. 24–26.