Berichte aus der Medizintechnik

Marcin Meyer

A Flexible and Stretchable Wireless Health Monitoring Sensor Platform Connected to a Mobile Device

Shaker Verlag
Aachen 2015

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at http://dnb.d-nb.de.

Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Diss., 2015

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3989-4
ISSN 1431-1836

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen
Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9
Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

A Flexible and Stretchable Wireless Health Monitoring Sensor Platform Connected to a Mobile Device

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt von

Marcin Meyer

geboren am 1. September 1986 in Złotów

Technische Universität Dresden

Fakultät Maschinenwesen

Institut für Werkstoffwissenschaft

Lehrstuhl für Materialwissenschaft und Nanotechnik

1. Gutachter: Prof. Dr. Gianaurelio Cuniberti, TU Dresden, Deutschland

2. Gutachter: Prof. Dr. Hans-Georg Braun, IPF Dresden, Deutschland

3. Gutachter: Prof. John A. Rogers, UIUC, IL, USA

Tag der Einreichung: 07.06.2015

Tag der Verteidigung: 17.07.2015

Abstract

In this thesis, a flexible and stretchable wireless health monitoring sensor platform connected to a mobile device was designed from scratch, built and patented.

The platform consists of a wireless, flexible and stretchable electronic plaster located on the skin and an RFID-reader in the form of a micro-USB-stick operated with a mobile application. The wireless tag is made of a thin layer of metal and electronic components which are encapsulated in a stretchable and flexible thin layer of a transparent, biocompatible polymer. The electronic plaster can be reversibly stretched up to 50% and is lightweight, waterproof, biocompatible and adhesive, so that it can be easily placed on human skin for up to 30 days. Moreover, because of its gas permeability and simultaneous bacteria impenetrability the electronic plaster is a perfect breathable wound dressing. It is important to note that almost any sensor in which resistance changes are related to a change in a measured value can be implemented in this electronic plaster. The system was successfully tested with a temperature sensor and a flexible high-performance silicon nanowire based biosensor for early detection of avian influenza virus DNA sequences. The developed and patented mobile RFID-receiver wirelessly powers the plaster and collects medical signals. These signals are then amplified, filtered, and recalculated in a digital signal processor. The collected data is shown in a patient-friendly format on the display of a mobile Android device such as a smartphone or tablet. The developed app makes it possible to evaluate and save data, as well as send it to a physician if necessary.

With its modular design, the platform supports monitoring of vital parameters and provides a reliable, comfortable, and economical solution for hospitals, nursing homes, as well as everyday users.

Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Doktorarbeit wurde eine App-gesteuerte, dehnbare und flexible drahtlose epidermische Sensorplattform zur Gesundheitsüberwachung von Grund auf entworfen, implementiert und patentiert.

Die Plattform besteht aus einem mit medizinischen Sensoren ausgestatteten elektronischen Heftpflaster, einem portablen RFID-Empfänger und einer Applikation für mobile Endgeräte. Das dehnbare Heftpflaster mit der Möglichkeit zur drahtlosen Datenübertragung besteht aus dünnen Metallschichten, die als Zwischenverbindungen dienen und elektronischen Komponenten, die in einer dehnbaren und flexiblen dünnen Schicht bestehend aus einem transparenten und biokompatiblen Polymer verkapselt sind. Das elektronische Heftpflaster kann um bis zu 50% elastisch gedehnt werden und ist zudem leicht, wasserfest, biokompatibel und adhäsiv, so dass es für einen Zeitraum von bis zu 30 Tagen auf der Haut der Patienten platziert werden kann. Darüber hinaus ist es aufgrund seiner Gasdurchlässigkeit bei gleichzeitiger Undurchdringlichkeit für Bakterien eine perfekte atmungsaktive Wundauflage. Es ist wichtig zu erwähnen, dass fast jeder Sensor, bei dem die Änderung des elektrischen Widerstandes proportional zur Änderung der Messwerte ist, in das elektronische Heftpflaster implementiert werden kann. Während des Promotionsprojektes wurde das System erfolgreich mit einem Temperatursensor und einem flexiblen Hochleistungsbiosensor basierend auf Silizium-Nanodrähten, der zur Früherkennung von den Vogelgrippe-Virus-DNA-Sequenzen eingesetzt werden kann, realisiert und eingehend untersucht. Der parallel entwickelte und patentierte mobile RFID-Empfänger verbindet das Heftpflaster drahtlos und sammelt die medizinischen Signale. Diese Signale werden anschließend verstärkt, gefiltert und im digitalen Signalprozessor weiterverarbeitet. Die gesammelten Daten werden in einer patientenfreundlichen Weise auf dem Display eines mobilen Android-Gerätes, wie einem Smartphone oder Tablet- präsentiert. Die entwickelte App ermöglicht es zudem, die so erfassten Daten zu bewerten und zu speichern, als auch wenn nötig an einen Arzt weiterzuleiten.

Mit dem hier präsentierten modularen Aufbau unterstützt die entwickelte Sensorplattform die Überwachung von lebenswichtigen Gesundheitsparametern. Dieser Ansatz bietet eine zuverlässige komfortable und wirtschaftliche Lösung für Pflegeheime, Krankenhäuser und private Nutzer.

Content

Figures

Tables

Abbreviations

App – a mobile application

Cps – centipoise, the unit of dynamic viscosity in the centimeter gram second system of units

DSP – digital signal processor

ECM – extracellular matrix

EGF – epidermal growth factor

FEM – finite element method

FGF – fibroblast growth factor

IL-1β – interleukin one beta

IR – infrared

LIGA – Lithography, Electroplating and Molding

MMP – matrix-metalloproteinase

MWCNT – multiwall carbon nanotube

PC – personal computer

PCB – printed circuit board

PDGF – platelet-derived growth factor

PDMS – polydimethylsiloxane

PEDOT – poly (3,4–ethylenodioxythiophene): p–tosylate

PI – polyimide

PMMA – polymethyl methacrylate

PR – photoresist

PSS – poly(styrenesulfonate

PUR – polyurethane elastomer

RFID – radio-frequency identification

RIE – reactive ion etching

SEM – Scanning Electron Microscope

SMD – surface mounted device

TGF-β – transforming growth factor beta

TNF-α – tumor necrosis factor alpha

TU Dresden – Dresden University of Technology