

Nowoczesne zastosowania systemów tekstronicznych

Streszczenie. Postęp technologiczny i miniaturyzacja elektroniki pozwalają na opracowanie nowych materiałów tekstronicznych, które można zastosować w codziennym użytkowaniu. Tekstronika łączy wiedzę przede wszystkim z zakresu: tekstyliów, elektroniki, informatyki, ale także z automatyki, materiałoznawstwa i metrologii. W pracy przedstawiono wybrane systemy tekstroniczne. Prezentowane systemy pokazują perspektywy rozwoju tekstroniki w takich dziedzinach jak medycyna, elektronika oraz odzież użytkowa.

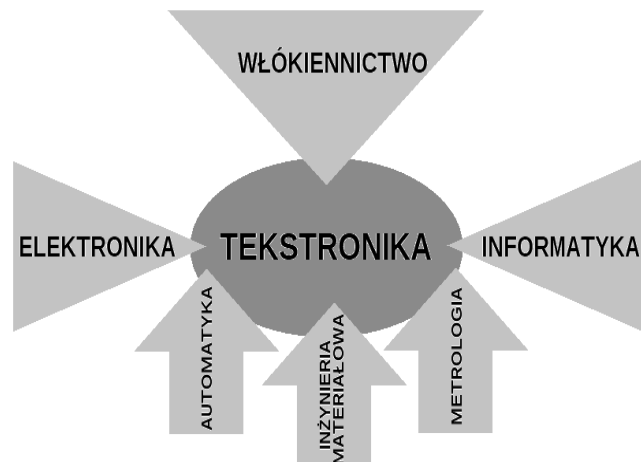
Abstract. Technological progress and the miniaturization of electronics allow one to develop new textronic materials that can be applied in everyday use. Textronics combines knowledge primarily in the fields of: textiles, electronics, computer science, but also from automatics, materials science and metrology. The paper presents selected textronic application. The presented systems show the perspectives of the development of textronics in such fields as medicine, consumer electronics, clothing. (**Modern Applications of Textronic Systems**).

Słowa kluczowe: tekstronika, odzież inteligentna, systemy tekstroniczne

Keywords: textronic, smart clothing, textronics systems

Wstęp

Współczesne materiały tekstroniczne mają bardzo szerokie zastosowanie, zarówno w odzieży inteligentnej, jak również w zastosowaniach przemysłowych: w przemyśle samochodowym, komputerowym i medycznym [1,2]. Tekstronika łączy wiedzę z wielu dziedzin, takich jak: włókiennictwo, elektronika, informatyka, ale też automatyka, inżynieria materiałowa i metrologia (rys.1). Wyroby tekstroniczne są stosowane w służbach ratowniczych, w wojsku oraz w przedmiotach codziennego użytku [3]. Systemy tekstroniczne wymagają użycia materiałów takich jak włókna, nitki, tkaniny elektroprowadzące, piezoelektryczne, włókna magnetyczne, włókna optyczne i tekstylia z pamięcią kształtu oraz polimery elektroaktywne.



Rys. 1. Obszar tekstroniki

Postępująca miniaturyzacja elektroniki oraz interdyscyplinarność zagadnienia powodują wzmożone zainteresowanie nowymi możliwościami aplikacji takich materiałów w wielu dziedzinach przemysłu. Dzięki efektowi synergii, poprzez połączenie kilku obszarów nauki, układy tekstroniczne są bardziej konkurencyjne od wyrobów tradycyjnych. Równocześnie materiał tekstroniczny jako połączenie produktu włókienniczego i elektronicznego musi spełniać wymagania stawiane zarówno tekstyliom jak i elektronice [4-5]. Istotne jest, by otrzymany produkt z systemem tekstronicznym nie różnił się zarówno pod względem wizualnym, jak i pod użytkowym od jego odpowiednika pozbawionego cech tekstronicznych.

Rozwój nowych technologii umożliwia integrację elementów funkcjonalnych w wyrobach tekstylnych,

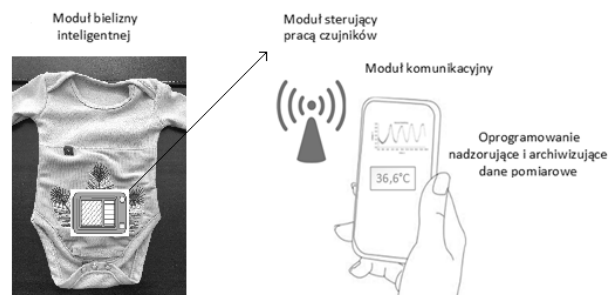
pozwalającą na całkowicie nowe aplikacje. W artykule przedstawiono wybrane układy tekstroniczne, będące efektem pracy autorów.

Tekstroniczny system do pomiaru funkcji życiowych małych dzieci

Jednym ze zrealizowanych i wdrożonych rozwiązań jest system BabyTex. System zakłada monitorowanie takich parametrów jak czynność oddechowa i temperatura ciała małego dziecka [6-8]. Ogólne zastosowanie systemu umożliwia wczesne wykrycie anomalii będących zagrożeniem dla zdrowia i życia, zwłaszcza zespołu nagłej śmierci niemowląt - SIDS oraz nagłego wystąpienia nadmiernej gorączki lub ochłodzenia organizmu. System umożliwia także wykrycie zaburzeń oddechowych wywołanych astmą. Zintegrowanie pomiaru temperatury wraz z monitorem oddechu pozwala na kompleksowy monitoring stanu zdrowia niemowląt i małych dzieci.

Pomiar rytmu oddechowego opiera się na zmianach rezystancji dzianinowego pasa wykonanego z nici elektroprowadzącej, wkomponowanej w bieliznę dziecięcą. System monitorujący parametry życiowe małych dzieci obejmuje wygodną bieliznę inteligentną codziennego użytku, układ sterujący, stację bazową z modułem komunikacyjnym oraz aplikację dla urządzeń mobilnych (rys.2).

Modułowy system tekstroniczny BabyTex do monitoringu funkcji życiowych niemowląt i małych dzieci



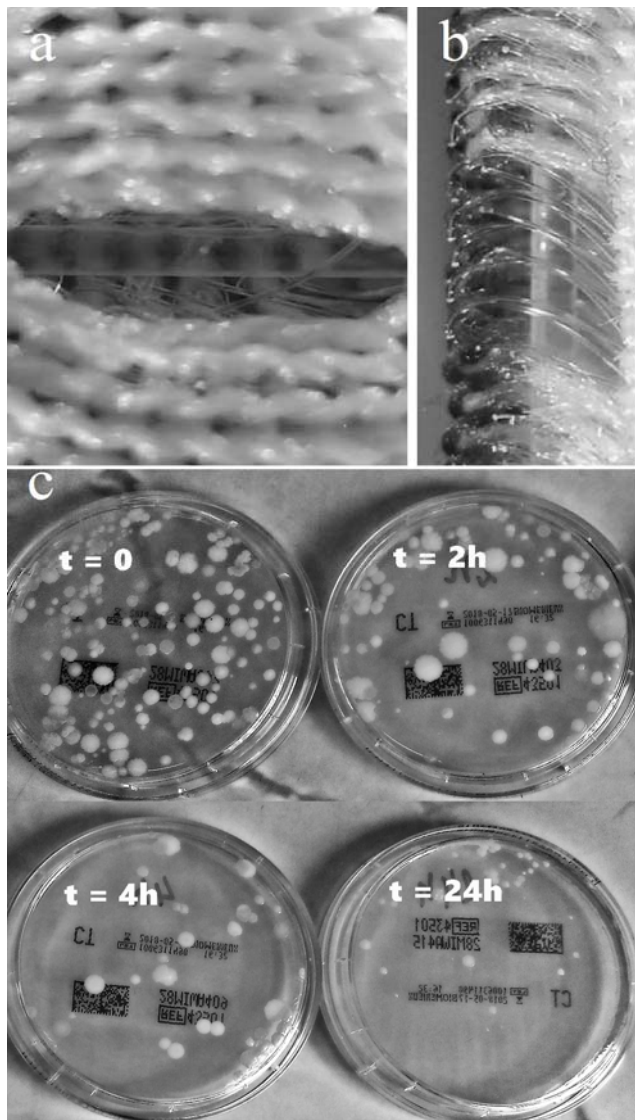
Rys.2. Tekstroniczny system do pomiaru funkcji życiowych małych dzieci

W przypadku małych dzieci należy dodatkowo zadbać o stopień wygody i odpowiednią swobodę ruchu. Technicznie wiąże się to z zapewnieniem elastyczności materiału i czujników. Rozmieszczenie i liczba czujników

muszą zapewnić odpowiednią dokładność i powtarzalność. Ponadto bardzo istotne jest zapewnienie odporności czujników na różnego typu narażenia użytkowe oraz atmosferyczne, np. wilgoć, zginanie, temperaturę prania białyn, środki chemiczne.

Tekstroniczny system służący do redukcji mikrobiologicznej

Jak pokazują badania [9] w przeciągu ostatnich lat wzrosła liczba zakażeń gabinetowych i szpitalnych. Równocześnie wzrasta świadomość zarówno personelu medycznego jak i społeczeństwa. Niezbędne staje się stosowanie odpowiednich technik sterylizacyjnych, szczególnie w placówkach medycznych i gabinetach zabiegowych, ale również w otoczeniu pacjenta w domowym zaciszu. Wśród dostępnych opcji jedną z najskuteczniejszych metod sterylizacji jest zastosowanie promieniowania ultrafioletowego. Lampy emitujące promieniowanie UV-C są wykorzystywane w gabinetach medycznych już od wielu lat. Promieniowanie ultrafioletowe o długości fali 250-265 nm posiada najbardziej efektywne działanie bakteriobójcze. Sterylizacja tą metodą wymaga odpowiednio dobranej dawki promieniowania. Za niskie dawki oraz za krótki ekspozycji na promieniowanie wywołać odmienny skutek.



Rys.3. System tekstroniczny do sterylizacji a, b) dzianina dystansowa ze zintegrowanymi światłowodami, c) poziom redukcji mikrobiologicznej.

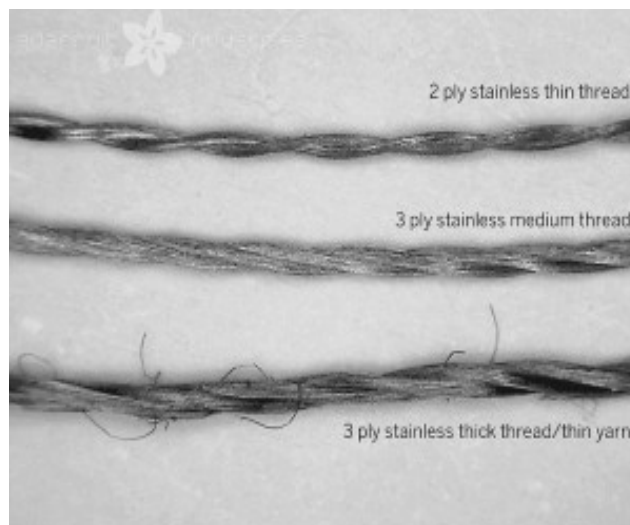
Proponowany system do redukcji mikrobiologicznej na osnowie dzianiny dystansowej ze zintegrowanym układem do sterylizacji wykorzystującym promieniowanie UV-C w materiale stanowiącym pokrycie materaca pozwoli na znaczne zmniejszenie liczby drobnoustrojów w bezpośrednim otoczeniu pacjenta. Obecnie zastosowania dzianin dystansowych obejmują coraz szersze obszary tekstyliów technicznych. Dżianina dystansowa składa się z dwóch warstw zewnętrznych. Są one połączone poprzez wewnętrzną warstwę monofilamentów. Przędze dystansowe (monofilamenty) łączą dwie warstwy powierzchniowe, tworząc specjalną strukturę 3D, dając przestrzeń na umieszczenie czujników lub innych urządzeń elektronicznych [10]. Otwarta struktura dzianiny sprawia, że jest przepuszczalna dla powietrza. Dzięki tej unikalnej strukturze możliwe jest niewyczuwalne dla użytkownika wplecenie w materiał światłowodów. Światłowody są podłączone do generatora promieniowania UV-C, którego źródło światła stanowią diody UV o zakresie 265-275 nm.

Układ światłowodów i liczba diod muszą zapewniać odpowiedni poziom sterylizacji. Ponadto bardzo ważne jest zapewnienie odporności systemu na różne rodzaje narażenia na użytkowanie i na działanie czynników atmosferycznych, takich jak wilgoć, zginanie, chemikalia.

Przeprowadzone testy wykazały, że zaproponowany układ światłowodów PMMA (rys.3) transmitujących promieniowanie UV-C wewnątrz dzianiny dystansowej umożliwia redukcję mikrobiologiczną o 60% w czasie 2h ekspozycji, przy stosunkowo niskiej mocy źródeł LED (3x5 mW).

Zastosowanie włókien elektroprzewodzących do emisji ciepła.

Kolejnym rozwiązaniem realizowanym przez autorów są przenośne, aktywne opaski do termoterapii. W prezentowanej aplikacji elementem grzewczym są nici elektroprzewodzące. W zależności od budowy nici, jej średnicy, liczby warstw oraz komponentu przewodzącego - zazwyczaj jest to stal nierdzewna 316L (rys. 4), spotykane są również nici polimerowe z dodatkiem grafitu lub siarczku miedzi - zmieniają się jej właściwości elektryczne (tab.1). W przypadku gdy nić jest wykonana z włókien ze stali nierdzewnej nie będzie ulegać utlenianiu jak nici pokrywane warstwą srebra [11, 12].

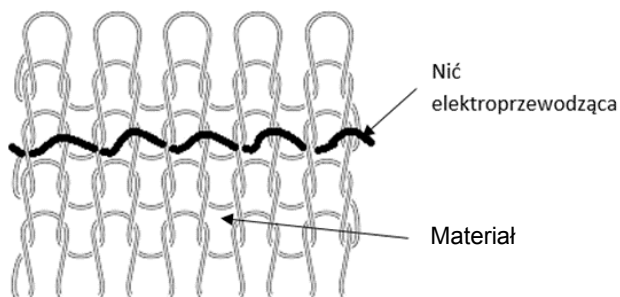


Rys. 4. Przykładowe nici elektroprzewodzących produkcji Adafruit Industries.

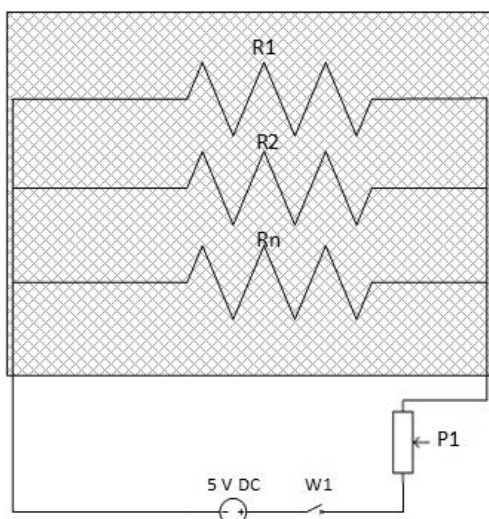
Tabela 1. Charakterystyka wybranych nici elektroprowadzących [13, 14]

Niść	Splot	Średnica [mm]	Rezystancja [Ω/m]	Wytrzymałość prądowa [mA]
Medium Conductive Thread - Adafruit	3 ply	0,25	30	100
Thin Conductive Yarn - Adafruit	3 ply	0,4	40	75
Thin Conductive Thread-Adafruit	2 ply	0,2	50	50
Conductive Thread - Sparkfun	-	0,3	90	50

Elementy grzewcze mogą zostać wykonane w dowolnym kształcie na etapie produkcji wyrobu (rys. 5, 6), ograniczeniem w tym przypadku jest jedynie moc źródła zasilania.



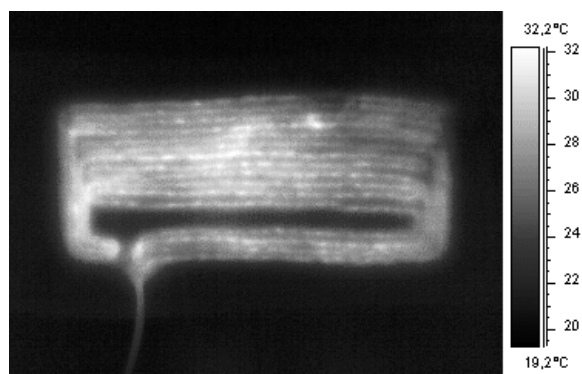
Rys. 5. Integracja nici elektroprowadzących w strukturze materiału



Rys. 6. Schemat elektryczny układu grzewczego

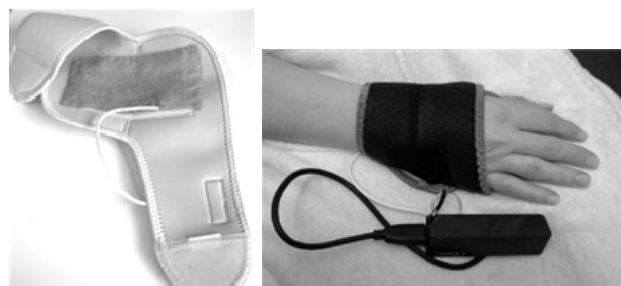
W projekcie termoopaski zastosowano przenośne źródło zasilania w postaci powszechnie dostępnych typu power bank (istnieje również możliwość użycia zasilacza sieciowego z wyjściem USB). Tego typu źródła zasilania charakteryzują się niewielkimi wymiarami, napięciem wyjściowym 5 V, pojemnością dochodzącą do 10000 mAh i natężeniem prądu wyjściowego do ok. 2,1 A. Wiele z dostępnych w handlu modeli posiada dwa wyjścia zasilania (1 A i 2,1 A), które mogą pracować jednocześnie. W takiej konfiguracji teoretyczna moc zasilania wynosi 15,5

W. Ponadto, gotowe rozwiązania wyposażone są w zabezpieczenia termiczne (OTP - Over temperature protection), przeciwprzepięciowe (OVP - Over Voltage Protection), przeciążeniowe (OCP - Over Current Protection) oraz wskaźniki LED stanu naładowania ogniw. Uzyskana moc grzewcza w przeliczeniu na jednostkę powierzchni jest uzależniona od zagęszczenia nici elektroprowadzących. Skuteczne działanie takiego układu jest uwarunkowane zachowaniem wystarczającej odległości pomiędzy poszczególnymi nićmi oraz ich nie krzyżowanie, co zapobiegnie zwarciom. W takim układzie możliwe jest uzyskanie mocy grzewczej do ok. 0,3 wata z metra bieżącego nici. Podczas badań wstępnych, wykonany element grzewczy o wymiarach 10x5 cm uzyskał moc grzewczą ok. 0,5 W (rys. 7.). Wartość prądu płynącego przez poszczególne nici, a co za tym idzie moc grzewcza, jest uzależniona od długości ścieżki (rezystancji nici). W projekcie założono, że konstrukcja elementu grzewczego podczas kontaktu z powierzchnią słabo przewodzącą ciepło np. ubranie lub ciało człowieka powinna osiągnąć temperaturę do 40 °C.



Rys. 7. Obraz termograficzny elementu grzewczego wykonanego z nici elektroprowadzących zasilanej z power banku 5V naszyta na podłoże bawełniane.

Zadaniem wykonanych prototypów opasek (rys. 8) jest rozluźnienie mięśni oraz zmniejszenie nasilenia bólu mięśni i stawów. Ten rodzaj oddziaływania zaliczany jest do zabiegów termoterapii, do ciepłolecznictwa. Praktyka fizjoterapeutyczna pokazuje skuteczność terapii ciepłem w działaniu przeciwbólowym, w obniżeniu napięcia mięśni, w zmniejszeniu pobudliwość nerwowej [15].



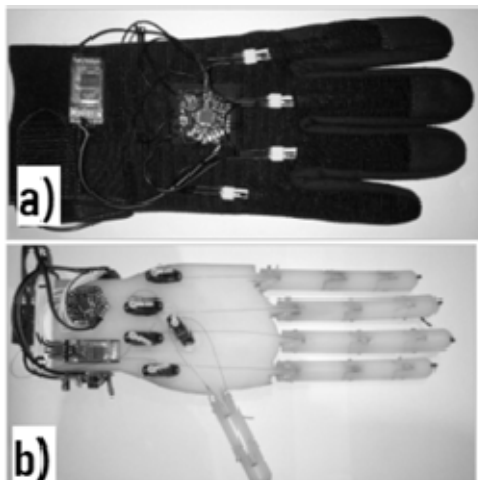
Rys. 8. Realizacja opasek grzewczych do termoterapii.

Proponowane opaski znajdą głównie zastosowanie u osób pracujących przy komputerze, które zmagają się z bólami nadgarstków.

Tekstroniczna rękawica do sterowania mechaniczną dłonią

Jako przykład innego zastosowania elektroniki ubieralnej można wymienić projekt sztucznej dłoni sterowanej bezprzewodowo za pomocą rękawicy wyposażonej w czujniki ugięcia typu flex. Sztuczna dłoń

naśladuje wykonywane przez człowieka ruchy w czasie rzeczywistym za pomocą nałożonej na dłoń rękawicy. Zarówno rękawica (rys 9) jak i sztuczna dłoń pracują na module μ Hex z mikrokontrolerem Atmega328P [16].



Rys. 9. Rękawica wyposażona w czujniki ugięcia.

Rękawica przetwarza kąt ugięcia palca za pomocą czujnika flex, który jest podłączony do jednego z wejść A/C układu μ Hex. Gdy palec jest zgięty np. o kąt 45° opór czujnika się zwiększa co powoduje, że program przetwarza ten sygnał na wartość (od 0 do 180 stopni) o jaki kąt ma się obrócić serwomechanizm. Do serwomechanizmu i końcówki palca przymocowane jest cięgło, które po naciągnięciu przez serwomechanizm powoduje zgięcie palca. Nadajnik i odbiornik komunikują się za pomocą modułu Bluetooth HC-06 ZS-040. Rękawica zasilana jest akumulatorem Li-Pol o pojemności 650mAh i napięciu 3.7V, natomiast szkielet dłoni pakietem Li-Pol 900mAh 30C 2S 7.4V. W celu zapewnienie odpowiedniej elastyczności i swobody ruchów rękawicę wykonano ze spandeksu.

Podsumowanie

Przedstawione przykłady pokazują perspektywę rozwoju tektroniki w takich dziedzinach jak medycyna, elektronika użytkowa, odzież. Interdyscyplinarny charakter tworzenia i użytkowania systemów tektonicznych zachęca do wykorzystywania wiedzy z czasem niepowiązanych ze sobą dziedzin nauki w celu wytworzenia innowacyjnego produktu końcowego.

Autorzy: dr inż. Ewa Łada-Tondyra, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, E-mail: e.lada-tondyra@el.pcz.czyst.pl; dr inż. Adam Jakubas, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, al. Armii rajowej 17, 42-200 Częstochowa, E-mail: adam.jakubas@gmail.com

LITERATURA

- [1] Gnietek K., Stempień Z., Zięba J., Tektronika - nowy obszar wiedzy, *Przegląd Włókienniczy + Techniki Włókienniczy*, nr.2 (2003), 17-18,
- [2] Wiak S. (red.), *Mechatronika*, vol.2; Politechnika Łódzka, 2010.
- [3] Korzeniewska E., Walczak M., Rymaszewski J., Elements of elastic electronics created on textile substrate, *MIXDES-24th International Conference*, IEEE (2017), 447-450,
- [4] Boczkowska A., Leonowicz M., Intelligent Materials for Intelligent Textiles, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 59 (2016), nr 5, 13-17,
- [5] Skrzetuska E., Trendy rozwojowe w tektronice - Rozwiązania tektoniczne dla ochrony zdrowia, *Przegląd Elektrotechniczny*, 90 (2014), nr.4, 34-40,
- [6] Jakubas A., Łada-Tondyra E., Nowak M., Margol M., Lipińska-Opałka A., Koncepcja tektonicznego systemu do pomiarów funkcji życiowych małych dzieci, *Przegląd Elektrotechniczny*, 12 (2015), 121-124,
- [7] Jakubas A., Łada-Tondyra E., A study on application of the ribbing stitch as sensor of respiratory rhythm in smart clothing designed for infants, *The Journal of The Textile Institute*, 109 (2018), nr.9, 1208-1216,
- [8] Jakubas A., Łada-Tondyra E., Nowak M., Textile sensors used in smart clothing to monitor the vital functions of young children In *Progress in Applied Electrical Engineering (PAEE)*, IEEE (2017), 1-4,
- [9] Bulanda M., Wójkowska-Mach J., *Zakażenia szpitalne w jednostkach opieki zdrowotnej*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2016,
- [10] Gokarneshan N; Design of Warp Knit Spacer Fabrics – Recent research insights on technical applications, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 9 (2015), nr.3,
- [11] Jakubas A., Badania i pomiary wybranych parametrów elektrycznych tekstylnych linii sygnałowych naniesionych metodą maszynową, *Przegląd Elektrotechniczny*, 91 (2015), nr.12, s.117-120
- [12] Pawlak R., Lebiada M., Tomczyk M., Rymaszewski J., Korzeniewska E., Walczak M., Surface heat sources on textile composites—Modeling and implementation, *Electromagnetic Fields in Mechatronics*, 18th International Symposium on Electrical and Electronic Engineering (ISEF) Book of Abstracts, 2017.
- [13] Karty katalogowe przykładowym nici elektroprzewodzących dostępnych w handlu: www.adafruit.com
- [14] Karty katalogowe przykładowym nici elektroprzewodzących dostępnych w handlu: www.sparkfun.com
- [15] Cichoń D., Demczyszak I., Spyrka J., *Wybrane zagadnienia z termoterapii: podręcznik dla studentów fizjoterapii*, Kolegium Karkonoskie w Jeleniej Górze, Jelenia góra 2010,
- [16] Nowak M., Jakubas A., Łada-Tondyra E., Analiza mikroprocesorowych systemów pomiarowych do zastosowań w tektronice, *Przegląd Elektrotechniczny*, 91 (2015), nr.12, 176-178.