

TEKSTRONIKA

Tekstronika jest nową dziedziną wiedzy, która wyodrębniła się z takich obszarów nauki jak elektronika, włókiennictwo, automatyka, metrologia oraz informatyka [1]. Powstała ona dzięki intensywnemu rozwojowi technologii włókiennictwa oraz konstrukcji tkanin, a także dzięki stałemu poszerzaniu się zakresu zastosowań układów elektronicznych. Wyroby tekstroniczne integrują zminiaturyzowaną elektronikę oraz specjalistyczne systemy elektroniczne z tkaniną w jedną funkcjonalną całość. Jej typowymi aplikacjami są inteligentne wyroby użytkowe oraz ochronne, które pozornie nie różnią się niczym szczególnym od zwykłych strojów. Jednak po wnikliwszej obserwacji każdy z nas jest w stanie dostrzec zintegrowane sieci czujników, powiązane z elektronicznymi systemami kontroli parametrów wewnętrznych i zewnętrznych ubioru, które w znacznym stopniu mogą podnieść funkcjonalność oraz poprawić parametry ochronne stroju [2]. Przykładowy wyrób tekstroniczny został zaprezentowany na Rys. 1.



Rys. 1, Inteligentny strój strażacki [3]

Wyposażony jest on w zestaw czujników, monitorujących parametry fizjologiczne użytkownika oraz środowisko, w jakim prowadzona jest akcja ratownicza. Najczęściej stosowanymi sensorami są czujniki temperatury wewnętrznej oraz zewnętrznej, tętna, obecności szkodliwych gazów itp. W celu prawidłowego działania takiego układu konieczne jest zastosowanie odpowiednich układów zasilających określone czujniki oraz mikroprocesory. Najprostszym oraz najtańszym rozwiązaniem jest wykorzystanie baterii elektrycznych, nadających się do wielokrotnego użycia. Działanie takiego akumulatora możemy podzielić na dwa cykle:

- ładowanie, w trakcie którego energia elektryczna przekazywana jest do wnętrza akumulatora, gdzie następuje jej przemiana na energię chemiczną

- praca, kiedy to poprzez zachodzące wewnątrz akumulatora reakcje chemiczne następuje wytworzenie energii elektrycznej, prowadzące do jego stopniowego rozładowywania [4].

Jednakże tradycyjne akumulatory i baterie mają dość duże gabaryty, co znacznie pogarsza komfort użytkownika ubioru. Kolejną ich wadą jest możliwość rozładowania się w trakcie prowadzonej akcji, co przerywa monitoring oraz kontrolę aktualnie mierzonych parametrów. Powyżej przedstawione słabości baterii zmotywowały szereg naukowców do badań w dziedzinie FPS (Fibrous Power Supply), czyli technologii wytwarzania tekstronicznych źródeł energii elektrycznej, bazującej na włóknach. Produkty FPS powinny charakteryzować się lekkością, elastycznością oraz bez wątpienia dużym ładunkiem elektrycznym, czyli zdolnością do przechowywania energii elektrycznej.

W większości przypadków jako tekstroniczne źródła zasilania stosowane są elementy fotowoltaiczne oraz piezo- i termo-generatory.

Celem mojego projektu jest zaproponowanie alternatywy dla typowej baterii, będącej w stanie zasilić układy tekstroniczne, wbudowane w tkaninę. Elastyczne, cienkowarstwowe ogniwo słoneczne jest jedną z najbardziej odpowiednich opcji wyboru.

Zaletami ogniw fotowoltaicznych są przede wszystkim ich tania eksploatacja, wynikająca z niewyczerpalnego, a także przyjaznego środowiska źródła energii, jakim jest Słońce, oraz brak konieczności specjalistycznej konserwacji układu. Przykładowe elastyczne ogniwo słoneczne zostało zaprezentowane na Rys.2.



Rys. 2, Elastyczne ogniwa słoneczne, Konarka [5]

Ogniwa wykorzystywane w tekstronice muszą być elastyczne, zatem mogą być wykonywane jako cienkowarstwowe struktury z krzemu amorficznego lub polimerów.

Jednym z najważniejszych parametrów ogniwa jest jego sprawność, inaczej zwana wydajnością konwersji. Jest ona wyznaczana jako stosunek maksymalnej mocy ogniwa do mocy światła padającego na dane ogniwo, zgodnie z poniższym wzorem.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} = FF \frac{U_{oc} \cdot I_{sc}}{L}$$

gdzie FF – współczynnik wypełnienia, U_{oc} – napięcie obwodu otwartego, I_{sc} – prąd zwarcia, L - natężenie światła padającego na ogniwo (moc promieniowania).

Najwyższą sprawnością charakteryzują się ogniwa krzemowe, około kilkudziesięciu procent, niestety nie nadają się one do zastosowań tekstronicznych ze względu na ich sztywność i niemożliwość integracji z tkaniną. Natomiast elastyczne ogniwa słoneczne, wykonywane m.in. z krzemu amorficznego lub związków polimerowych, charakteryzują się niższą sprawnością, jednak ich znacznymi zaletami są elastyczność, lekkość oraz niski koszt produkcji, co predysponuje je do zastosowań w tekstronice.

ZASTOSOWANIA TEKSTRONIKI

Współczesne inteligentne systemy, projektowane dla pracowników służb ratowniczych, a także i innych użytkowników, umożliwiają pomiary m.in. takich parametrów jak temperatura wewnętrzna oraz zewnętrzna, tętno, szybkość oddechu, ciśnienie krwi, wilgotność skóry oraz obecność szkodliwych gazów i cieczy. Znajomość tych danych może w znaczny sposób usprawnić i zautomatyzować pracę jednostek ratowniczych, a także lekarzy, którzy dzięki zastosowaniu

ciągłego monitoringu swoich pacjentów będą mogli mieć wgląd w długoterminowe wartości wybranych wielkości. Takie dodatkowe informacje mogą poprawić trafność diagnozy oraz skuteczność leczenia chorych.

Wiele ośrodków badawczych pracuje nad zastosowaniem elastycznej elektroniki dla potrzeb zapewnienia bezpieczeństwa medycznego.

W ramach kilkunastu polskich i międzynarodowych projektów opracowano konstrukcje inteligentnych ubiorów, których zadaniem było podniesienie bezpieczeństwa pracowników służb ratowniczych, a także ofiar wypadków. Jednym z takich projektów, w którym moja jednostka miała możliwość uczestniczyć, był ProeTEX. Jego głównym celem było stworzenie bezpiecznego ubioru strażackiego, wyposażonego w sieć funkcjonalnych czujników, monitorujących stan fizjologiczny strażaka. Dane uzyskane z czujników temperatury, ciśnienia, obecności szkodliwych gazów itp. były następnie przekazywane drogą radiową do centrum nadzorującego akcję ratowniczą.

Znajomość parametrów zdrowotnych ratowników oraz środowiska, w którym pracują, umożliwia nadzór nad poprawnym i pozytywnie zakończonym przebiegiem akcji.

Kolejny projekt to Healthwear, którego celem było zapewnienie ciągłego monitoringu stanu zdrowia pacjenta, będącego w trakcie rehabilitacji, co pokazuje, iż inteligentne tkaniny znajdują zastosowanie w produkcji odzieży, materiałów biomedycznych, a także ubiorów technicznych wykorzystywanych przez służby mundurowe oraz cywilne [6]. Zatem rozszerza się pole zastosowań tekstroniki o następujące obszary: bezpieczeństwo, sport, aplikacje militarne, rozrywka, wypoczynek oraz budownictwo [7].

Celem następnego międzynarodowego projektu, Wealthy (Wearable Health Care System), rozpoczętego w roku 2002, było stworzenie wygodnego systemu monitorującego stan zdrowia użytkownika, przy wykorzystaniu zestawu inteligentnych czujników oraz interfejsu, wykorzystującego nowoczesne metody przetwarzania i transmisji danych [8]. Podstawowe sensory, według założeń projektu, miały być wytworzone w postaci włókien, charakteryzujących się odpowiednimi właściwościami elektrycznymi. Projekt ten został ukończony przygotowaniem kilku prototypów ubioru, jeden z nich zaprezentowano na Rys.3 [9]. Zaznaczone są na nim elektrody, służące do pomiaru pneumografii, czyli rejestrowania oddechu za pomocą pomiaru wychyleń klatki piersiowej.



Rys. 3 Jeden z prototypów zrealizowanych w projekcie Wealthy

Ze względu na rosnącą liczbę zachorowań, związanych z układem krążenia w Europie powstał kolejny projekt – My Heart. Jego głównym celem było zaprojektowanie i wytworzenie inteligentnego, biomedycznego stroju, wyposażonego w system czujników, których wskazania były wykorzystywane do monitoringu, diagnostyki oraz leczenia chorób układu krążenia [10]. W wyniku projektu wytworzono bieliznę umożliwiającą precyzyjny monitoring czynności serca i akcji oddechowej jej użytkownika.

Oprócz wcześniej wymienionych projektów istnieje również wiele firm, zajmujących się pracami w dziedzinie elastycznej, inteligentnej elektroniki. Jedną z najbardziej znanych jest Smartex, która swoją działalność rozpoczęła pod koniec lat 90-tych XX wieku. Był to początek rozwoju tzw. inteligentnych ubiorów (ang: smart textiles), które oprócz funkcji użytkowej miały zapewniać bezpieczeństwo, monitoring parametrów zdrowotnych, a także upowszechnić tekstroniczne osiągnięcia naukowe szerszemu gronu odbiorców. Aplikacja tych dodatkowych urządzeń elektronicznych zwiększyła w znacznym stopniu rozwój oraz konkurencyjność włoskiej firmy. W ramach działalności R&D Smartex opracowuje technologie powstawania nowych materiałów, wrażliwych na konkretne czynniki zewnętrzne, by w końcowym etapie wprowadzić na rynek gotowy i w pełni funkcjonalny produkt. Firma ta zajmuje się również koordynacją spotkań naukowych, podczas których przedstawiciele jednostek z całego świata mają możliwość wymienia poglądów w tematyce inteligentnej odzieży [11].

Na podstawie powyższego przeglądu możemy zauważyć bardzo szybki rozwój tekstroniki, który zapoczątkował się dzięki realizacji międzynarodowych projektów, motywujących jednostki naukowe z całego świata do współpracy i popularyzacji wiedzy oraz coraz większej komercjalizacji tzw. smart textiles.

POMIAR TEMPERATURY W INTELIGENTNEJ ODZIEŻY RATOWNICZEJ

W trakcie prowadzonej akcji strażackiej jednym z najważniejszych parametrów fizycznych jest temperatura, w jakiej zmuszone są pracować służby ratownicze. Przebywanie w zbyt gorących pomieszczeniach może być niebezpieczne dla człowieka, dlatego też bardzo istotną funkcją, jaką powinien charakteryzować się inteligentny strój jednostek ratowniczych, oprócz ochrony przed nadmiernym wzrostem temperatury, jest jej ciągła kontrola, zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz ubioru. Wskazania czujników, umieszczonych w różnych warstwach oraz miejscach stroju strażackiego, powinny być przekazywane do centrali nadzorującej przebieg akcji. Znajomość tych parametrów może w znacznym stopniu usprawnić pracę jednostek ratowniczych. W takim przypadku dowódca akcji jest w stanie na bieżąco czuwać nad bezpieczeństwem pracy swoich podopiecznych, analizować z jaką prędkością ciepło przenika przez strukturę tkaniny, zbliżając się do ciała strażaka. Jest to niezbędne, gdyż człowiek w rezultacie działania podwyższonej temperatury nie jest w stanie normalnie funkcjonować. Oprócz ogólnego osłabienia organizmu mogą również wystąpić zawroty głowy, zaburzenia widzenia, a także mdłości, zmniejszające możliwość przeprowadzenia i zakończenia akcji z pozytywnym skutkiem. Współczesne bojowe ubranie strażackie składa się z trzech warstw materiałów, z których każda charakteryzuje się ściśle określonymi parametrami. Zewnętrzna warstwa wykonana jest z materiału NOMEX®, odpornego na działanie płomieni, przekłucia oraz rozdarcia. Kolejną warstwę stanowi AIRTEX®, odpowiadający za wodoszczelność, ochronę przed wiatrem oraz substancjami chemicznymi. Natomiast wewnętrzna warstwa wykonana jest z materiałów PARALINEX®, NOMEX® oraz KEVLAR®, których zadaniem jest przeciwdziałanie przenikania nadmiernego ciepła do ciała strażaka. Zastosowanie czujników temperatury, ukrytych w powyższych warstwach nie jest dotąd realizowane w komercyjnie oferowanych kombinezonach. Wydaje się jednak ono niezbędne w celu poprawy funkcjonalności stroju strażackiego.

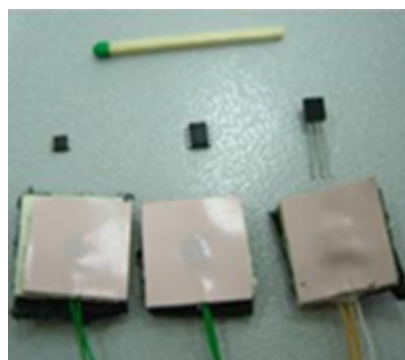
Zadaniem grupy badawczej, realizującej projekt Proetex, było opracowanie konstrukcji elastycznych sensorów, przeznaczonych do pomiaru temperatur wewnętrznych. Zostały zaproponowane czujniki temperatury, nadające się do wkomponowania w różne miejsca stroju strażackiego. W trakcie akcji mierzone wielkości przekazywane są za pomocą bezprzewodowej transmisji danych do jednostki sterującej, czuwającej nad bezpieczeństwem pracujących strażaków [12].

TEKSTRONICZNE ELEMENTY ELEKTRONICZNE NA PRZYKŁADZIE CZUJNIKÓW TEMPERATURY

Przed elementami elektronicznymi, stosowanymi w odzieży stawiane są wysokie wymagania

dotyczące nie tylko dokładności i dynamiki pomiaru, lecz również odpowiedniej wytrzymałości, elastyczności i kompatybilności z tkaniną. W celu opracowania projektu kompletnego czujnika temperatury zostały wykorzystane komercyjnie dostępne układy scalone oraz wytworzone eksperymentalnie czujniki analogowe. Wykonano także nowatorskie badania, prowadzące do identyfikacji oraz optymalizacji parametrów użytkowych czujników, a także układów wykonanych na podłożach i w osłonach elastycznych dla zastosowań w odzieży.

Układy, wytwarzane dla potrzeb tekstroniki, powinny charakteryzować się również możliwie małymi rozmiarami i wagą, tak by ich integracja z tkaniną jak najmniej wpływała na strukturę materiału oraz wygodę użytkowników [13]. Ze względu na obszar ich zastosowań ważną cechą, którą powinny się one wyróżniać jest zwiększona odporność na różnego typu narażenia użytkowe oraz atmosferyczne, czyli wilgoć, zginanie, środki chemiczne, pot. Jednymi z głównych problemów, dotyczącymi tekstroniki są sposób zasilania układów tekstronicznych, wybór transmisji danych oraz zapewnienie dobrego kontaktu przy połączeniach włókien i nitok elektroprzewodzących z komercyjnym lub testowym układem elektronicznym [14]. Kolejną, ważną kwestią jest odpowiednie zaimplementowanie komercyjnego czujnika w wyrób tekstylny oraz znalezienie stosownego podłoża, kompatybilnego z aktywną warstwą, charakteryzującą się określonymi parametrami. Bardzo istotnym zagadnieniem jest również zapewnienie odpowiedniej powłoki hermetyzującej gotowy element, który będzie chronił go przed różnego typu narażeniami eksploatacyjnymi, wynikającymi z implementacji w wyrób tekstylny, takich jak wilgoć, środki chemiczne itp. Z punktu widzenia mobilnych aplikacji tekstronicznych nie mniej ważnymi parametrami czujników cyfrowych jest ich rozmiar, typ obudowy jak również system wyprowadzeń sygnałów i średni oraz chwilowy pobór mocy w trakcie pracy urządzenia. Ze względu na komfort i funkcjonalność układy takie powinny charakteryzować się oprócz wysokiej dokładności statycznej i dobrej dynamiki także możliwie małymi wymiarami oraz elastycznością [15]. Przykładowy cyfrowy czujnik tekstroniczny został przedstawiony na Rys.4.

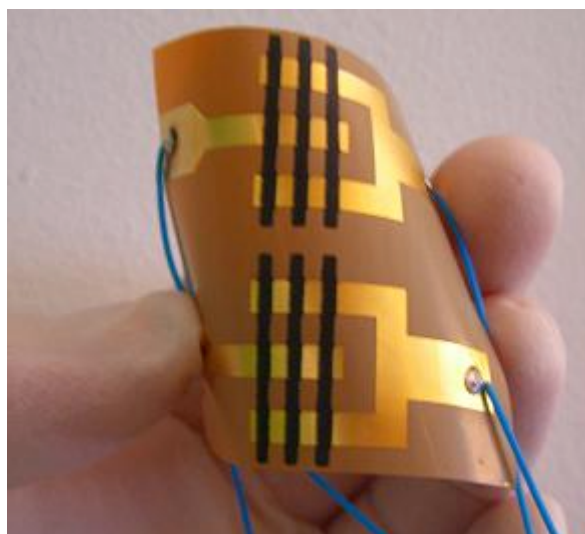


Rys. 4, Cyfrowe czujniki temperatury DS18B20 w elastycznych osłonach termoprzewodzących

Konstrukcja czujnika, przedstawiona na Rys. 4, obejmuje czujnik cyfrowy w sztywnej obudowie (μ SOP8, SOP8 oraz TO92), umieszczony na elastycznej płytce drukowanej, obudowany elastycznym materiałem termoprzewodzącym i zaizolowany termicznie od strony zewnętrznej. Parametry testowanych pianek termoprzewodzących zostały dobrane eksperymentalnie poprzez porównanie m.in. takich wartości jak przewodność cieplna, rezystancja termiczna, twardość Shore'a, wytrzymałość temperaturowa itp. W wyniku powyższych rozważań zostały wybrane pianki 86/200 oraz 86/255.

Możliwe jest również samodzielne wykonanie elastycznego elementu tekstronicznego, np. za pomocą technologii sitodruku. W tym przypadku należy odpowiednio dobrać materiał podłożowy oraz skład warstwy aktywnej czujnika. Jako materiał podłożowy dla projektowanego czujnika wybrano folię poliamidową KAPTON® o parametrach wersji podwyższonej odporności temperaturowej HN.

Za pomocą opisanej technologii uzyskano funkcjonalne czujniki analogowe typu PTC o dużej linowości charakterystyki termicznej, zaprezentowane na Rys. 5.



Rys. 5 Elastyczny czujnik temperatury

PODSUMOWANIE

Zaprezentowane zostały zrealizowane projekty z branży tekstronicznej, a także propozycje nowych rozwiązań, mogących wzbogacić ofertę inteligentnej odzieży. Zastąpienie tradycyjnych elementów elektronicznych elastycznymi odpowiednikami znacznie poprawia funkcjonalność ubioru oraz komfort jego użytkowania. Przedstawiono zastosowanie elastycznych czujników temperatury jako elementów przykładowych inteligentnego stroju ratowniczego. Zastosowano komercyjnie dostępne sensory jak i nowatorskie elastyczne czujniki, wykonane metodą sitodruku. Oba przedstawione czujniki zostały praktycznie przebadane i potwierdziły możliwość wykorzystania ich w wyrobach seryjnych.

Zaproponowano również alternatywę dla dotychczas stosowanych układów zasilania.

Zasugerowano zastosowanie elastycznych ogniw fotowoltaicznych, będących w stanie zasilić wbudowane w tkaninę układy elektroniczne, zapewniając w ten sposób niezbędną energię,

a także poprawę funkcjonalności stroju oraz komfortu jego użytkowania. W ramach przyszłych prac planują rozwijać zaprezentowane w pracy rozwiązania tekstroniczne w odpowiedzi na dynamiczny rozwój tej dziedziny nauki.

PODZIĘKOWANIA

Publikacja została zrecenzowana przez dr inż. Macieja Sibińskiego.

Publikacja powstała w ramach projektu "Bioenergia dla Regionu - Zintegrowany Program Rozwoju Doktorantów", współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

LITERATURA:

1. K. Gniotek, Z. Stempień, J. Zięba, Tekstronika – nowy obszar wiedzy, Przegląd Włókienniczy 2/2003
2. W. Bendkowska, Tekstylija inteligentne – przegląd zastosowań. Część I: Tekstylija regulująca mikroklimat odzieży, Przegląd Włókienniczy 8/2002
3. <http://www.slipperybrick.com/2008/01/firefighters-sensor-jacket/>
4. <http://pl.wikipedia.org/>
5. <http://www.konarka.com/>
6. P. Leitch, T.H. Tassinari, Interactive textiles: new materials in the new millenium, Journal of Industrial Textiles, vol.29, nr 3, 173-189, 2000
7. I. Krucińska, Diagnoza potencjału jednostek badawczo-rozwojowych I procesu komercjalizacji badań, 2007
8. <http://www.wealthy-ist.com>
9. R. Paradiso, G. Loriga, N. Taccini, A. Gemigani, B. Ghelarducci, WEALTHY – a wearable healthcare system: new frontier on e-textile. Journal of Telecommunications and Information Technology 4/2005
10. <http://www.hitech-projects.com/euprojects/myheart/en/objectives.html>

11. <http://smartex.it/>
12. S. Bielska, M. Sibinski, A. Lukaszik, Polymer temperature sensor for textronic applications, *Material Science & Engineering B*, Vol. 165 Nos. 1-2, str. 50-52, 2009
13. L. Michalski, K. Eckersdorf, J. Kucharski, *Termometria, Przyrządy i Metody*, Politechnika Łódzka, str. 119-121, Łódź 1998.
14. Y. Moser, M.A. Gijs, Miniaturized flexible temperature sensors, *Journal of Microelectromechanical Systems*. 2007, Tom vol.16, no.6”
15. K. Gniotek, I. Krucińska, The basic problems of textronics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2004, Tom vol.12, no.1 (45).