

Cienkie wielowarstwowe powłoki przewodzące zawierające tlenek grafenu/grafen

Tomasz Kruk*

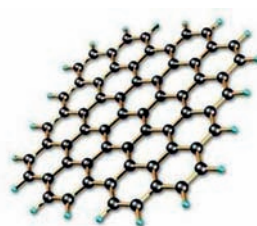
„Węgiel, podstawa całego życia na Ziemi, zadziwił nas raz jeszcze” – napisał w oficjalnym komunikacie Komitet Noblowski. Błękitna kartka papieru leży na stoliku obok śpiącej dziewczyny. Nagle kartka zaczyna pisać i zamienia się w budzik. Dziewczyna wstaje. Zgina kartkę na kilka części, owija wokół nadgarstka i wychodzi z zegarkiem na ręku. W drodze do pracy ponownie ją rozkłada i nalepia na przednią szybę auta. Kartka staje się GPS-em z dużym ekranem – pokazuje, jakimi ulicami jechać, by ominąć korki. Dziewczyna używa jej jeszcze jako karty kredytowej, telefonu, komputera i podręcznego telewizora. To film reklamowy, który pokazuje,

co można zbudować z grafenu – cudownego materiału przyszłości. Film nakręciła koreańska firma, która prowadzi nad nim badania.

Większość z nas węgiel kojarzy się z materiałem opalowym występującym w kopalni, gdzie z narażeniem życia wydobywają go umorusani górnicy. W przyrodzie występuje też w innych formach – jako prozaiczny grafit i najlepszy przyjaciel kobiety, czyli diament. Istnieją jeszcze inne odmiany węgla zwane fulerenami, które kształtem przypominają piłkę futbołową oraz nanorurki – jedne z najwytrzymalszych znanych materiałów. Do tego grona alotropowych odmian węgla niedawno dołączył wspomniany grafen – materiał, z którym naukowcy wiążą wielkie nadzieje. Wszystkie odmiany węgla różnią się zasadniczo właściwościami fizykochemicznymi. Różnice pomiędzy diamentem – najtwardszym znanym materiałem, grafitem wykorzystywanym również jako smar są bardzo wyraźne. Również najnowsze dzieło nanotechnologii – grafen, w którym płasko ułożone atomy węgla tworzą warstwę grubości zaledwie

jednego nanometra, posiada unikalne właściwości.

Atomy węgla tworzą w grafenie płaską, dwuwymiarową siatkę o sześciokątnych oczkach.



Rys. 2. Struktura grafenu przypomina plaster miodu

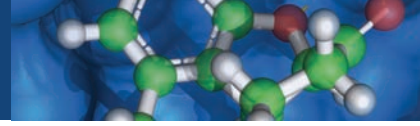
Jej struktura przypomina plaster miodu. Od wyizolowania pierwszego płatka grafenu z grafitowej płytki upłynęło zaledwie sześć lat, a już dziś możemy mówić o rewolucji w elektronice czy medycynie. Prace nad nim nabierają ogromnego rozpędu. Właśnie powstały pierwsze prototypy grafenowych urządzeń. Pojawia się też coraz więcej pomysłów jego zastosowania. O tym, że grafit składa się z ultracienkich warstw połączonych ze sobą atomów węgla, wiedzano od lat 60. XX w. Taką pojedynczą warstwę grafitu nazwano grafenem. Wówczas jednak nikt nie umiał jej wyizolować.

Na początku był przylepiec

Odkrywcami grafenu są dwaj naukowcy – Andre Geim i Konstantin Novoselov. Udało im się uzyskać substancję, nazwaną później grafenem, w 2004 roku. Novoselov twierdzi, że odkrycie grafenu, najtwardszego i najcieńszego zarazem materiału, było czystym przypadkiem; serią zbiegów okoliczności. Na „specjalnym” podłożu, które zastosowano w czasie badań, udało się wyizolować grafen wprost z grafitu. Jakiego podłoża użyto? Okazuje się, że była to zwykła taśma samoprzylepna. Naukowcy przyklejali do grafitu taśmę klejącą, a po jej odklejeniu badali to, co się przyklejało. Jeśli warstwa była za gruba, przyklejali kolejny kawałek taśmy do poprzedniego, odrywali i ponownie badali. Większość specjalistów nie wierzyła, że jednoatomowa warstwa jakiegokolwiek materiału może być stabilna. O istnieniu cudownego materiału, grafenu, naukowcy mówili od dawna. Nazywali go „cienką warstwą węgla”. Ale większość z nich uważała, że nie da się go wyprodukować. W 2004 r. rosyjscy fizycy pracujący na Uniwersytecie w Manchesterze: Andriej Gejm i Konstantin



Rys. 1. Panel dotykowy z grafenu



Nowosiółow udowodnili, że jest to możliwe. Sześć lat później, jesienią 2010 r., Królewska Szwedzka Akademia Nauk przyznała Rosjanom Nagrodę Nobla. O grafenie zrobiło się głośno. Wkrótce potem dziennikarze niespodziewanie odkryli, że w Polsce jest ktoś, kto wyprzedził Rosjan. Dr inż. Włodzimierz Strupiński z Instytutu Technologii Materiałów Elektronicznych (ITME) w Warszawie wymyślił, jak produkować grafen na masową skalę. Zaczął nad tym pracować w 2007 r. Odkrycie Rosjan było proste, ale przełomowe. Tak samo jak patent Singera, który wymyślił dziurkę przy czubku igły i dzięki temu można było zbudować maszynę do szycia – mówi Strupiński. Instytut, w którym pracował, akurat kupił maszynę do wytwarzania płytek krzemu, z których buduje się układy scalone i procesory w komputerach. Stosuje się w niej tzw. metodę epitaksji – osadza się kolejne warstwy pierwiastka na podłożu z węgliku krzemu. Strupiński wpadł na pomysł, by dokładnie w taki sam sposób wytworzyć bardzo cienką warstwę węgla, czyli grafen. Zachęcili mnie do tego koledzy z wydziału fizyki Uniwersytetu Warszawskiego: prof. Jacek Baranowski i prof. Andrzej Wyszomółek – mówi skromnie. Sukces osiągnął po trzech latach prób i doświadczeń. W maju 2010 r. zgłosił patent na produkcję grafenu i wywołał poruszenie wśród naukowców na całym świecie.

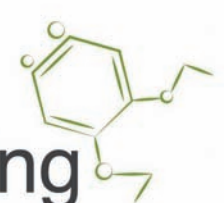
Zastosowanie grafenu w IT
Odkryto, że przez grafen prąd płynie bardzo szybko, niemal

bez żadnych przeszkód. Tym samym uznano go za jeden z najlepszych przewodników, wymarzony materiał dla elektroniki. Zapowiada się zatem, że znajdzie on zastosowanie w sieciach bezprzewodowego internetu i telefonach komórkowych, które dzięki niemu bardzo wydajnie wzmocnią sygnał radiowy. O wiele mocniej i skuteczniej niż instalowane dzisiaj urządzenia oparte na krzemie. Znikną więc problemy z brakiem zasięgu czy słabo działającym internetem w urządzeniach mobilnych. Pierwsze potrzebne do tego podzespoły już powstały. W czerwcu tego roku naukowcy z IBM ogłosili wyprodukowanie kompletnego analogowego układu scalonego, zawierającego tranzystor z grafenu osadzonego na podłożu z węgliku krzemu. Prąd przepływa przez niego tak szybko, że urządzenie pracuje o wiele wydajniej niż dzisiejsze i wkrótce zapewne znajdzie zastosowanie w nowych smartfonach. Grafen zostanie też wykorzystany w komputerach, które będą mogły wreszcie porządnie przyspieszyć (procesory zbudowane z krzemu osiągają już kres swoich możliwości i nie są w stanie szybciej pracować). W tym celu naukowcy muszą jednak pokonać niezwykle istotną przeszkodę, tak przekształcić grafen, by podobnie jak krzem stał się półprzewodnikiem. Możemy się spodziewać, że od pierwszych komputerów grafenowych dzieli nas nie więcej niż 10 lat, jak szacują elektronicy, komputery będą wtedy nawet 500 razy szybsze niż dzisiejsze.

Wytrzymałe materiały

Grafen jest nie tylko świetnym przewodnikiem prądu, ale również najmocniejszym znanym dzisiaj materiałem, sto razy mocniejszym od stali. Uczeń dla zobrazowania mocy wiązań atomowych w grafenie przytaczają przykład hamaku dla kota. Hamak zrobiony z płachty grafenu wielkości metr na metr byłby w stanie bez problemu utrzymać pięciokilogramowego kota, choć sam ważyłby tyle co koci wąs. A skoro tak, uczeni mają nadzieję, że grafen wejdzie w skład nowych, supertrwałych, a jednocześnie bardzo elastycznych materiałów zastępujących lub wzmacniających dzisiejszy plastik i metal. Aby jednak tak

się stało, uczeni muszą najpierw znaleźć dla niego odpowiednie podłoże. W naturze czysty grafen nie występuje, bo jego cienkie płatki rozłożone w powietrzu natychmiast gniotą się lub zwijają w rulon. Potrzeba więc materiału, na którym można byłoby tak rozciągnąć grafen, aby nie stracił właściwości, a jednocześnie pozostał elastyczny. Obecnie testowane są różne substancje, które mogłyby być dobrym nośnikiem grafenowej warstwy. Wiadomo już, że bardzo dobrze w tej roli sprawdzają się węgiel krzemu, azotek boru i miedź. Kiedy już problem osadzenia grafenu na odpowiednim podłożu zostanie rozwiązany, pozwalając na stosowanie go na

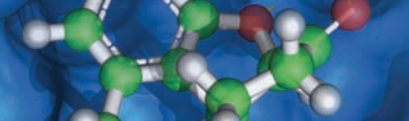


Labkonsulting

- Specjalistyczne szkolenia;
- Doradztwo i wdrożenia systemów jakości: GLP/GMP, GMP kosmetyczne, ISO17025, HACCP, ISO 9001;
- Przystosowanie do wymagań GMP procesów technologicznych i pomieszczeń;
- Indywidualne kursy chromatograficzne;
- Analiza Instrumentalna HPLC, GC, GC-MS oznaczenia rutynowe i opracowanie metod.

www.labkonsulting.pl
info@labkonsulting.pl

Budynek DELTA,
Wrocławski Park Technologiczny
ul. Duńska 9, 54-427 Wrocław



skalę przemysłową, powstanie zupełnie nowa generacja materiałów kompozytowych do produkcji samochodów i samolotów. Karoseria z takiego kompozytu będzie na tyle mocna i podatna na rozciąganie, że przy uderzeniu nie rozpadnie się jak szkło na drobne kawałki, ale ugnie się nieco, a potem elastycznie powróci na swoje miejsce.

Grafen - doskonały filtr do wody

Informacje o superprzepuszczalności grafenu w odniesieniu do wody zespół naukowców z University of Manchester, przedstawił w raporcie opublikowanym w *Science*. Okazuje się, że membrany zbudowane na bazie grafenu są kompletnie nieprzepuszczalne dla wszystkich gazów i cieczy. Natomiast woda paruje przez nie tak szybko, jakby ich w ogóle nie było. Naukowcy przygotowali membranę składającą się z wielu arkuszy chemicznej pochodnej grafenu o nazwie tlenek grafenu. Powstała błona jest setki razy cieńsza od ludzkiego włosa, ale jednocześnie mocna, elastyczna i łatwa do użytku. Taką grafenową membranę dokładnie przykryli metalowy pojemnik, który okazał się tak szczelny, że nie wydostawało się powietrze, ani żadne inne gazy, w tym hel, co sprawdzono przy użyciu najbardziej czułych urządzeń. Całkowitym zaskoczeniem więc było, gdy badacze testowali zwykłą wodę: okazało się, że paruje, całkowicie nie zważając na uszczelkę z grafenu. Cząsteczki wody przechodziły przez

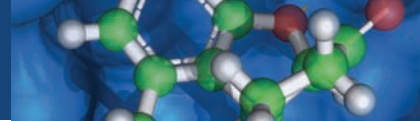
membranę z taką samą prędkością, jak wtedy, gdy pojemnik był otwarty. Dr Rahul Nair, który kierował eksperymentem, wyjaśnia: „Arkusze z tlenku grafenu są ułożone w taki sposób, że między nimi jest przestrzeń na dokładnie jedną warstwę cząsteczek wody. Cząsteczki te układają się w warstwy lodu grubości jednej cząsteczki i prześlizgują się po powierzchni grafenu, praktycznie bez tarcia. Jeśli inne atomy lub cząsteczki próbują zachować się w ten sam sposób, okazuje się, że kapilary grafenu albo skurczyły się w niskiej wilgotności, albo zatkały cząsteczkami wody.” Dla zabawy badacze zamknęli grafenową błonę butelkę z wódką i naukowo stwierdzili, że destylowany roztwór z czasem nabierał coraz większej mocy. Informację o tej części eksperymentu umieścili w raporcie, ale mówią, że nie widzą wykorzystania grafenu w gorzelnii. A jednocześnie są przekonani, że ta unikalna właściwość grafenu będzie kiedyś stosowana do oczyszczania wody, bo pozwoli usuwać z niej wszystko inne czyniąc ją zdatną do picia. Najpewniej z przyczyn technicznych lub ekonomicznych grafen nie będzie wykorzystywany do filtrowania wody w najbliższym czasie. Ale z każdym rokiem jego produkcja będzie taniała, więc superprzepuszczalność może wkrótce stać się użyteczna przynajmniej do niektórych zadań filtracji wody, np. gdy trzeba będzie usunąć z wody bardzo toksyczne związki ze stuprocentową pewnością.

Bakteriobójcze płatki

Badając właściwości grafenu, naukowcy ze zdumieniem odkryli, że może on zrewolucjonizować elektronikę i motoryzację, a także pomóc ludziom w walce z chorobotwórczymi mikroorganizmami. Wiązania atomowe są w nim bowiem na tyle ścisłe i mocne, że mogą stanowić barierę nie do przebycia dla wirusów i bakterii. Na rany i skaleczenia będziemy więc nakładać elastyczne, grafenowe plastry. Materiał ten nie tylko nie przepuszcza bakterii z zewnątrz, ale także unieszkodliwia mikroby, które już zainfekowały ranę. Silnych właściwości antibakteryjnych grafenu dowiedli naukowcy z chińskiego Instytutu Fizyki Stosowanej w Szanghaju. Na grafenowym płatkum umieścili kolonie bakterii *E.coli*. Ku ich zdumieniu okazało się, że po dwóch godzinach zniknęło 99 proc. mikrobów. Naukowcy przypuszczają, że stało się tak, bo aktywne cząsteczki węgla wniknęły do wnętrza komórek bakterii i je uśmierciły. Grafen jest bezlitosny dla bakterii, ale całkowicie bezpieczny dla komórek zwierzęcych. Dlatego można będzie z niego robić implanty. Grafenowe sztuczne kości czy chrząstki będą niezniszczalne i świetnie tolerowane przez organizm. Grafen wszedłby też w skład mikroskopijnych czipów neurologicznych, które wszczepiano by do mózgu chorych na epilepsję, parkinsona czy inne schorzenia neurologiczne wymagające precyzyjnej stymulacji elektrycznej określonych rejonów mózgu.

Patentowy wyścig

Niestety, ten zachwycający grafen ma jedną wadę – nie występuje w przyrodzie naturalnie. Trzeba go wyprodukować. A to przynajmniej dziś jest trudne. Gejmowi i Nowosiółkowi udało się uzyskać tylko mikroskopijne ilości grafenu. Na dodatek ich metoda jest niezwykle droga, fragment o przekroju równym przekrojowi ludzkiego włosa kosztował w 2008 roku około 1000 dolarów. Dlatego dzisiaj trwa wyścig, kto opracuje najtańszą metodę produkcji. Taką, która pozwoliłaby zacząć stosować go na przemysłową skalę. Najtańszy sposób pozyskania grafenu opracowali na razie uczeni z koreańskiego Uniwersytetu Sungkyunkwan. Wytrącają oni jego warstwy na nagrzaną miedzianą folię. Koszt wyprodukowania 1 cm kw. grafenu tą metodą wynosi zaledwie kilka dolarów, ale nie jest on najlepszej jakości, gorzej niż ten drogi przewodzi prąd. Zdecydowanie lepszy jest grafen na podłożu z węgla krzemu, który uzyskali polscy naukowcy z ITME. – Opracowana przez nas metoda pozwala na uzyskanie dużych fragmentów grafenu, o powierzchni nawet 80 cm kw. – mówi dr Strupiński. „Polski” grafen nie jest też drogi. Za 1 cm kw. trzeba zapłacić ok. 50 dol. Dr Strupiński złożył wniosek o przyznanie patentu na swoją metodę w Polskim Urzędzie Patentowym. Nasi naukowcy mają również ogromne szanse na uzyskanie funduszy z europejskiego programu „Flag Ship”, który od 2012 roku na badania nad grafenem ma



przeznaczyć 100 milionów euro rocznie. Możliwe więc, że grafenowa rewolucja nabierze rozpędu. Trudności z otrzymywaniem grafenu (jeszcze przed opracowaniem metod jego masowego pozyskiwania) spowodowały, że stał się on najdroższym materiałem na świecie. Warstwa grafenu o przekroju ludzkiego włosa kosztowała jak już wspomniano tysiąc dolarów. Grafen został kilka lat temu okrzyknięty „cudownym materiałem”. Na układy grafenowe produkowane na masową skalę musimy jeszcze niestety poczekać. Możemy być jednak pewni, że prędzej czy później w naszych domach zagoszczą podzespoły, wykorzystujące dobrodziejstwo odkrycia Geima i Novoselova.

Grafen jest super cienki, lekki i elastyczny. Kilkaset razy bardziej odporny od stali, przewodzi prąd lepiej od miedzi i w dodatku przepuszcza światło. Może zastąpić krzem w komputerach, które staną się szybsze, mniejsze i bardziej pojemne. Może to zmienić naszą cywilizację. Ale jest trudny do wyprodukowania – grafen to pojedyncza warstwa atomów węgla. Naukowcy z całego świata ścigają się, kto pierwszy wymyśli technologię produkcji, która wejdzie do powszechnego użytkowania. Być może to już się udało Polakom.

Metoda tworzenia warstw polielektrolitowych techniką „warstwa po warstwie” (ang. „layer by layer”)

Metoda tworzenia filmów polielektrolitowych oparta jest na oddziaływaniach

elektrostatycznych, które powodują przyciąganie się ładunków różnoimiennych, a odpychanie ładunków jednoimiennych. Nie są one jednak jedyną siłą formowania multiwarstw.

Drugoplanową rolę w trakcie tworzenia filmów pełnią również siły dyspersji, oddziaływania hydrofobowe oraz wiązania wodorowe. Mimo tego że, ich wpływ na przyłączanie warstw jest znacznie mniejszy od oddziaływań elektrostatycznych, to również pełnią istotną rolę w procesach transportu jonów, mechanizmach przepuszczalności, a także wpływają na selektywną adsorpcję polimerów na powierzchni.

Metoda ta, polega na na-przemienym nakładaniu na naładowaną powierzchnię substratu, substancji naładowanych przeciwnie do powierzchni. Jako substratu stosuje się zazwyczaj substancje naładowane jednoimiennie o dużej gęstości ładunku, np. krzem, kwarc, ale także może to być złoto, tytan, mika. Taki substrat zanurza się do roztworu polimeru mającego ładunek przeciwny do powierzchni substratu (rys.3). Oddziaływania elektrostatyczne powodują zbliżanie się cząsteczek roztworu polimeru do substratu, a następnie ich związanie. Kolejnym krokiem jest wyciągnięcie substratu pokrytego warstwą z roztworu polimeru i bardzo dokładne opłukanie wodą destylowaną w celu usunięcia niezwiązanych cząsteczek roztworu polimeru, które mogłyby zanieczyścić następny roztwór. Następnie po opłukaniu

substratu zanurzamy go do kolejnego roztworu polimeru mającego trwały ładunek przeciwny do posiadanego przez pierwszy roztwór polimeru. Wszystkie wyżej opisane czynności powtarza się, aż do uzyskania oczekiwanej grubości filmu (rys.3).

Cienkie warstwy polimerowe stosuje się w celu modyfikacji właściwości powierzchni różnorodnych materiałów, m.in. zapewnienie biokompatybilności, przewodnictwa bądź izolacyjności. Stosuje się je także w celu zmiany zwilżalności czy hydrofobowości. Wielowarstwowe filmy polimerowe wykazały wiele zastosowań m.in. jako powierzchnie „samoczyszczące

się”, sensory, warstwy przewodzące, warstwy antykorozyjne, antybakteryjne czy też jako powłoki ochronne np. komórki, leki.

Badania oraz analiza wyników

W prezentowanym artykule ciężko opisać wszystkie problemy oraz dyskusje wyników, związane z przedstawionym zagadnieniem, dlatego skupiono się na najważniejszym aspekcie pracy, mianowicie pokazaniu, że otrzymane warstwy zawierające zredukowany tlenek grafenu przewodzą prąd elektryczny co może znaleźć w przyszłości zastosowanie we wspomnianym dziale IT.

Bezpieczne laboratorium?

Natryski do przemywania oczu niezbędne w każdym laboratorium.
.....mogą uratować wzrok.



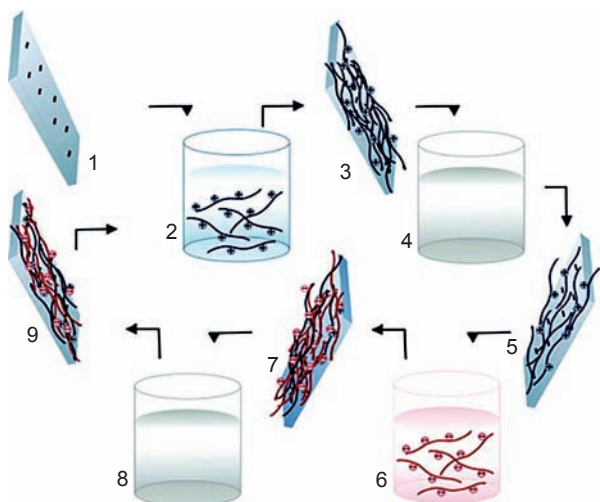
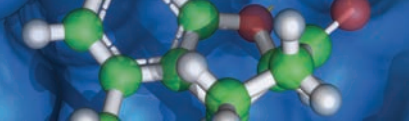
ElipsaLab

tel. 58 305-19-52

www.elipsa.gdansk.pl

www.armatura-laboratoryjna.pl

Teraz tak....



Rys. 3. Schemat ilustrujący powstawanie kolejnych warstw filmu otrzymanego metodą „warstwa po warstwie” (z ang. „layer-by-layer”) [13]

Głównym celem pracy była termiczna redukcja tlenku grafenu, który jest materiałem nie przewodzącym w celu otrzymania materiału przewodzącego czyli grafenu. Kolejnym krokiem było zbudowanie cienkich warstw polielektrolitowych zawierających tlenek grafenu przy użyciu metody „warstwa po warstwie”, a następnie sprawdzenie czy uzyskane powłoki zawierające zredukowany tlenek grafenu przewodzą prąd elektryczny.

W budowie multiwarstw polietylenoimina (PEI) została

wykorzystana jako warstwa izolacyjna. Kolejne warstwy zostały zbudowane za pomocą chlorowodoru polialyloaminy (PAH) pełniącego funkcję polikationu, ze względu na trwałe ładunek dodatni, natomiast tlenek grafenu został wykorzystany jako polianion ze względu na posiadany przez niego trwałe ładunek ujemny. Uzyskany w ten sposób cienki wielowarstwowy film został scharakteryzowany przy użyciu szeregu technik, takich jak: mikroskopia sił atomowych (AFM), skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM),

rentgenowska spektroskopia fotoelektronów (XPS), spektroskopia w podczerwieni (IR) czy spektroskopia ramanowska (RS). Przewodnictwo uzyskanych warstw zostało zmierzone przez zastosowanie metody dwuelektrodowej.

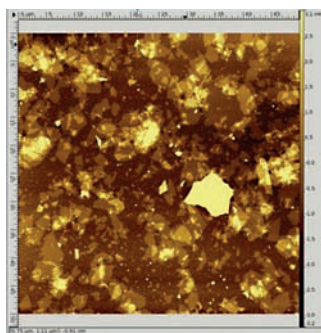
Poniżej (rys. 4, 5, 6) przedstawiono przykładowe zdjęcia warstw polielektrolitowych z tlenkiem grafenu/grafenu uzyskane przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) oraz mikroskopii sił atomowych (AFM). Widać wyraźnie efektywne otrzymanie multiwarstw z wbudowanymi płytkami tlenku grafenu/grafenu, przez zastosowanie techniki „warstwa po warstwie”.

Z pomiarów IR (rys.7) można z kolei zauważyć że widmo tlenku grafenu różni się znacznie przed i po redukcji. W pierwszym przypadku widać wyraźne pasma pochodzące od połączenia węgiel – tlen, natomiast po termicznej redukcji nie ma obecnych praktycznie żadnych pasm. Może to świadczyć o udanej próbie otrzymania grafenu. Podobne rezultaty otrzymano w przypadku analizy widma ramanowskiego.

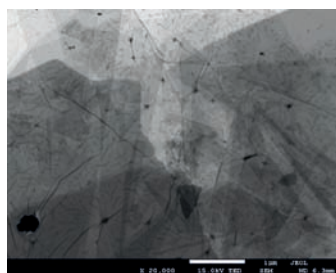
Nadrzędnym celem pracy było wykazanie, że cienkie powłoki

polimerowe zawierające zredukowany tlenek grafenu przewodzą prąd elektryczny i mogą posłużyć w przyszłości jako warstwy przewodzące w przemyśle elektronicznym. Poniżej zamieszczono jeden z pierwszych wyników jaki otrzymano przy użyciu metody dwuelektrodowej (wyk.1). Patrząc na powyższy wykres widać wyraźnie, że wraz ze wzrostem liczby biwarstw maleje oporność, czyli rośnie przewodnictwo. Podsumowując w przedstawionej po krótkce pracy udało się otrzymać (na to wskazują wyniki) poprzez termiczną redukcję z tlenku grafenu wspomniany grafen. Wskazują na to wyniki badań z IR, RS, XPS (te nie zostały przedstawione w niniejszej pracy) jak również literatura naukowa zajmująca się podobnymi zagadnieniami. Następnie tlenek grafenu wbudowano w strukturę filmu polielektrolitowego omówioną wcześniej techniką „layer-by-layer”. Otrzymane filmy polielektrolitowe zawierające zredukowany tlenek grafenu wykazują właściwości przewodzące, co może być początkiem rozwoju nowych, efektywnych, powłok przewodzących mających zastosowanie w elektronice. Oczywiście wyniki jakie tu uzyskano wymagają dalszych intensywnych badań oraz optymalizacji, jak również użycie do pomiaru przewodnictwa metody cztero-elektrodowej która to jest metodą bardziej dokładniejszą od zastosowanej.

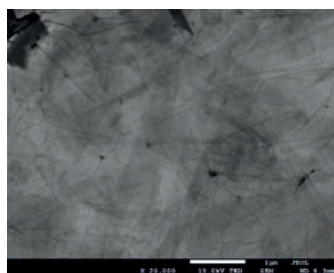
Grafen – materiał przyszłości; przezroczysty, rozciągliwy i elastyczny, umożliwi powstanie nowej generacji



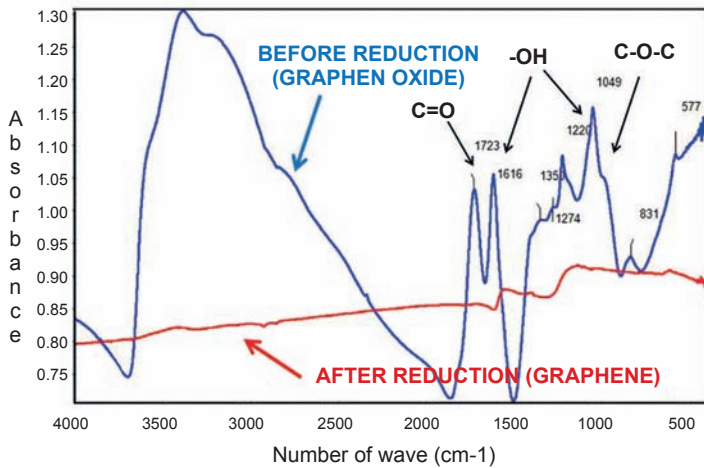
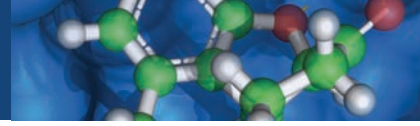
Rys. 4. Płytki grafenu



Rys. 5. Film polielektrolitowy z wbudowanymi płytkami tlenku grafenu



Rys. 6. Film polielektrolitowy z wbudowanymi płytkami zredukowanego tlenku grafenu



Rys. 7. Widmo IR tlenku grafenu przed i po redukcji

wyświetlaczy i paneli dotykowych. Dzięki niemu powstaną ekrany o wiele szybciej i precyzyjniej reagujące na dotyk niż współczesne. Pojawia się też od dawna oczekiwane gadżety elastyczne, w których stosowana będzie metoda atramentu grafenowego, czyli nanoszenia przewodzących prąd ścieżek grafenowych na arkusze papieru czy folie. Z grafenu powstaną również trwałe i w pełni interaktywne ubrania. Będą mogły rozgrzewać się lub chłodzić, przechowywać dane czy służyć jako ruchome wyświetlacze. O samym materiale nie wiemy jeszcze wszystkiego, ale możemy być niemal pewni, że jest on przełomem w inżynierii materiałowej. O nadziejach związanych z grafenem świadczą

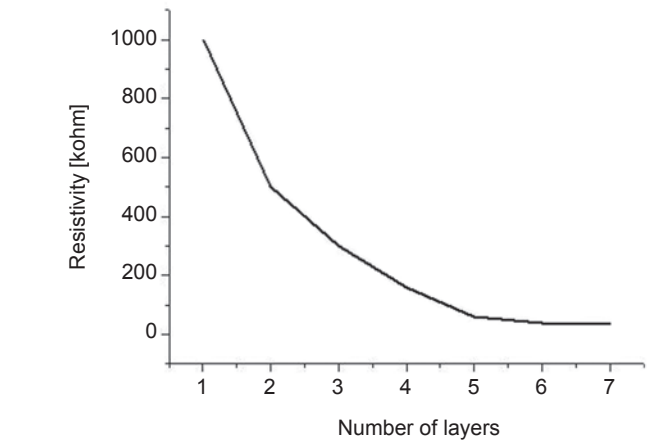
choćby doświadczenia naukowców z Massachusetts Institute of Technology. W 2009 r. zbudowali oni eksperymentalny układ grafenowy będący powielaczem częstotliwości.

„Układ taki może zmodyfikować częstotliwość przychodzącego sygnału elektrycznego tak, by częstotliwość sygnału wychodzącego była jej wielokrotnością. Innymi słowy, dzięki technologii grafenowej być może będzie można tworzyć procesory o niewyobrażalnych dziś częstotliwościach taktowania, np. 1000 GHz.”

Wyobraźmy sobie... procesory o taktowaniu setek gigaherców...

Literatura

[1] Graphene Synthesis and Applications Nanomaterials



Wykres 1. Zmiana zależności oporności od liczby biwarstw

and Their Applications- Series Editor M.Meyyappan 2012 by Taylor & Francis Group

[2] LÜ Peng, FENG YiYu, ZHANG XueQuan, LI Yu & FENG Wei, SCIENCE CHINA Technological Sciences September 2010 Vol.53 No.9: 2311–2319

[3] A.K. Geim., K.S. Novoselov., Nat. Mater. 6 (2007) 183.

[4] Strona internetowa: <http://grafen.pl/index.html>

[5] Strona internetowa: <http://weekend.pb.pl/2549825,42280,cudowny-wegiel-z-polski>

[6] Strona internetowa: <http://technologie.newsweek.pl/nadchodzi-era-grafenu--czy-nastapi-postep-w-dziedzinie-komputeryzacji-i-w-walce-z-chorobami,81925,3,1.html>

[7] Peiyong Zhu, Ming Shen, Shuhua Xiao, Dong Zhang,

Physica B 406 (2011) 498–502 [8] S. Park, R.S. Ruoff., Nat. Nanotechnol. 29 (2009) 217.

[9] K.S. Novoselov., A.K. Geim., S.V. Morozov., Science 306 (2004) 666.

[10] Ryota Negishi, Hiroki Hirano, Yasuhide Ohno, Kenzo Maehashi, Kazuhiko Matsu- moto, Yoshihiro Kobayashi, Thin Solid Films 519 (2011) 6447–6452,

[11] Ying Wang, Zhaohui Li, Jun Wang, Jinghong Li and Yuehe Lin Trends in Biotechnology May 2011, Vol. 29, No. 5

[12] Gero Decher, Joseph B. Schlenoff, *Multilayer thin films*, Wiley-VCH 2003

* mgr Tomasz Kruk; Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni PAN w Krakowie, e-mail: nckruk@cyf-kr.edu.pl

Aktualności, oferty pracy, przetargi, szkolenia

WWW.LABPORTAL.PL