



WŁODZIMIERZ STRUPIŃSKI
Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych
wlodek.strupinski@itme.edu.pl

Jakub Ostalowski

Grafen – pachnąca bułeczka po polsku

O dwuwymiarowej formie węgla, która rewolucjonizuje światową technologię, polskim udziale w tym procesie i relacjach nauka-biznes rozmawiamy z dr. inż. Włodzimierzem Strupińskim

Academia: Słowo „grafen” – odmienione przez wszystkie przypadki – słyszał w ostatnim czasie prawie każdy. Czym ten materiał właściwie jest?

Włodzimierz Strupiński: Grafen jest formą węgla. Mamy wiele różnych form węgla: diament, grafit, fulereny, nanorurki. Tyle że grafen jest dwuwymiarowy. Teoretycy uważali, że dwuwymiarowa forma węgla nie może z punktu widzenia termodynamiki istnieć w stanie wyizolowanym. Tymczasem okazało się, że jednak da się ją wyizolować. Zrobili to profesorowie z Uniwersytetu w Manchester – Andriej Gejm i Konstantin Nowosiolow – za pomocą bardzo prostej metody:

taśmą samoprzylepną wykleili z grafitu pojedyncze warstwy atomów węgla – właśnie grafenu.

Grafen to najcieńsza z możliwych warstwa węgla – jednoatomowa. Atomy są w niej ułożone w specyficzny sposób: tworzą tak zwane pierścienie aromatyczne czy heksagony. Wyjątkowo silne wiązania między nimi odpowiadają za bardzo wysokie parametry wytrzymałościowe grafenu. Wolny czwarty elektron atomu węgla odpowiada zaś za transport ładunku elektrycznego i sprawia, że grafen wykazuje bardzo atrakcyjne właściwości elektroniczne.

Znamy inne materiały, które mają zbliżone poszczególne właściwości, ale osobno. W grafenie skupia się kilka niezwykle atrakcyjnych rzeczy: wytrzymałość mechaniczna, właściwości elektroniczne, przezroczystość, specyficzna właściwość absorpcji światła, możliwość nasycenia absorpcji. To prowokuje myślenie o zupełnie nowych twórczych zastosowaniach.

Polskie sukcesy w produkcji grafenu

Jak pan zetknął się z tematem grafenu?

Od zarania zajmuję się technologiami czy nanotechnologiami półprzewodnikowymi. O grafenie usłyszałem od profesora Andrzeja Wysmołka z UW. Po jakiejś konferencji wpadł do mnie i zapytał, czy spróbowałbym wytworzyć grafen. Był koniec 2006 roku – dosłownie rok, dwa lata po odkryciu tego materiału.

W 2007 roku rozpocząłem już systematyczne prace badawcze nad grafenem. Zaowocowały one współpracą z profesorem Gejmem i wspólną publikacją, która ukazała się w tydzień po przyznaniu mu nagrody Nobla. Wywołało to ogromne poruszenie, zwłaszcza w środowisku polskim. Nagle zostałem współpracownikiem noblisty.

Później podjąłem próbę wytwarzania grafenu inną metodą niż wszyscy – nie poprzez sublimację (czyli odparowywanie krzemu z powierzchni węgla krzemu), ale poprzez krystalizację grafenu na powierzchni węgla krzemu. Okazało się to dość karkołomne. Gdybym wiedział, co mnie czeka, być może zwątpiłbym na początku. Ale udało się tę metodę opracować i zrobiło się wokół tego trochę szumu. W końcu niezbyt często w Polsce, i to jeszcze w dziedzinie nanotechnologii, udaje się zaproponować coś jakby na przekór wielu ośrodkom ze świata.

Oczywiście to nie było tak, że Strupiński zmieszał trzy składniki, trafił na dobre proporcje i uzyskał cudowny eliksir. Stała za tym baza doświadczalna, badawcza, teoretyczna, technologiczna – moja, mojego zespołu, Instytutu. W efekcie mamy polską metodę wytwarzania grafenu na różnych podłożach, patent w Polsce, zgłoszenie na całym świecie. Wyróżniliśmy się i daliśmy się pokazać jako partner. I jako kraj, który wniósł coś oryginalnego do wyścigu technologicznego w dziedzinie grafenu. To jest coś wyjątkowego, bo globalnie na badania aplikacyjne w tej dziedzinie idą miliony dolarów. A tu z naszym potencjałem, z naszym budżetem udało się jakoś przebić...

Nie było milionów dolarów...

Nie było. Była wiedza, doświadczenie i pasja. Nieustępliwość i odporność psychiczna. I zespół, który wychowałem.

Jak duży?

Kilkanaście osób, które zajmują się półprzewodnikami. A nad samym grafenem pracuje 5, 6 osób. Na początku, jeśli chodzi o grafen, byłem sam. Potem pojawiło się kilku doktorantów. Profesor Baranowski też wcześniej nas

wspierał – nie od strony technologii, ale czystej fizyki, pomiaru. Ta owocna współpraca trwa do tej pory. Obecnie w instytucie nad grafenem pracuje już znacznie więcej osób.

Oprócz naszej metody zająłem się całą technologią wytwarzania grafenu. Jesteśmy zaliczani do pierwszej piętnastki światowych ośrodków badawczych wytwarzających grafen. Robimy to na różne sposoby. Mamy już trochę aparatury technologicznej. To wszystko się zająbia, zapracowuje na siebie. Gdy pokazaliśmy wyniki, udało się uzyskać finanse i zainteresowanie ludzi, którzy budują urządzenia. Za tym idzie zainteresowanie świata i uczestnictwo w bardzo prestiżowym programie europejskim.

Teraz mam kolejną misję: rozwinięcie badań aplikacyjnych. Grafen mamy coraz lepszy, dopasowywany do różnych zastosowań. I to nie są jakieś próbeczki, których prawie nie widać. Możemy zaoferować naprawdę duże ilości.

Jakie to mogą być zastosowania?

Grafen jest materiałem niezwykle trudnym. Jedna warstwa atomu? Jak się z tym obchodzić? Jak zmierzyć? Jak stosować? To jest nowy rozdział technologii. Problem dotyczy zwiększenia skali. Pojedyncze płatki grafenu mają parametry i właściwości wręcz nieprawdopodobne. Ale w graficie grafen po prostu jest, jak go dała Matka Natura. Wyrwany z grafitu jego płateczek jest tak mały, że gołym okiem go nie widać. Staramy się więc wytworzyć go syntetycznie i powiększyć. Potrafimy już wyhodować pojedynczą warstwę pół metra na pół metra. Ale trzeba poprawić jakość. Pytanie, na ile się zbliżamy do ideału – właściwości identycznych z właściwościami małego płatka grafenu z grafitu?

Ale pewne zastosowania już są możliwe. Także w Polsce. Koledzy z Politechniki Wrocławskiej robią na bazie grafenu tak zwane absorbery nasycalne, które służą do sterowania laserów femtosekundowych. Próbuje robić detektory, sensory i tranzystory. Elektronikę elastyczną. Wykonaliśmy demonstratory, które są pierwszym krokiem w dziedzinie elastycznej elektroniki. To grafen, nałożony na zwykłą folię, która się wygina, jest przezroczysta. Nie widać jej, a prąd płynie. W Korei pracuje się nad grafenowymi ekranami dotykowymi, żeby wyeliminować szkodliwy i drogi ind.

We współpracy z Wydziałem Fizyki Uniwersytetu Łódzkiego stwierdziliśmy, że grafen działa jako powłoka antykorozyjna. Jest bardzo odporny chemicznie, więc zabezpiecza powierzchnię



AlexanderKUS Wikimedia

przed korozją chemiczną, nie tylko środowiskową. Niezależne badania na SGGW i na uniwersytetach medycznych pokazują, że grafen nie dopuszcza do rozwoju bakterii. Bada się również jego bakteriobójczość. Myślimy o wykorzystaniu błonek grafenowych do sztucznych części serca albo innych narządów. Mówi się o wykorzystaniu grafenu w naprawie siatkówki oka.

Oczywiście nie wiemy w tej chwili, który kierunek najszybciej zaowocuje największym sukcesem. Ale gdyby choć 5% tych prób zakończyło się powodzeniem, to już jest przełom i ogromny zysk.

W naszym Instytucie grafen wytwarza się także w postaci tak zwanego proszku – jak to zrobili nobliści. Już nie za pomocą taśmy samoprzylepnej, ale na sposób produkcyjny. To idzie w kilogramy. Okazuje się, że kilogram proszku grafenowego dodany na przykład do polimerów, do tworzyw sztucznych, fantastycznie zmienia ich właściwości – nie tylko elektrostatyczne, elektryczne, cieplne, ale i wytrzymałościowe.

Rozpiętość zastosowań grafenu jest więc znaczna. Jeśli chodzi o Polskę, staram się zachęcić niektóre ośrodki do zastosowania grafenu. Po pierwsze, w zakresie inżynierii materiałowej, czyli powłok antykorozyjnych, ochronnych. Po drugie, właśnie w polimerach jako modyfikator zmieniający właściwości. W elektronice jako swego rodzaju niewidoczne, elastyczne ścieżki przewodzące. Oraz do sensorów, detektorów. To domena polska, którą możemy podjąć, bazując na naszym zapleczu i infrastrukturze. Rozpoczęliśmy też nowy projekt europejski w dziedzinie kojarzenia technologii krzemowych z grafenem.

Zastosowania to badania, ale też biznes.

Powstała np. spółka Nano Carbon – nastawiona na produkcję grafenu.

Nano Carbon nie jest naszą spółką – to pomysł i inicjatywa Agencji Rozwoju Przemysłu. Tu chwala jej prezesowi Wojciechowi Dąbrowskiemu, który podjął temat we właściwym czasie. Spółka dokonała szeregu inwestycji – zakupiła urządzenia pomiarowe i urządzenia technologiczne. To jest bardzo poważne przedsięwzięcie, spółka będzie miała spore technologiczne możliwości w dziedzinie produkcji grafenu. A współpracując z Instytutem, ma zapewniony dostęp do jego potencjału badawczego. Z kolei Instytut poprzez spółkę może w jakiś sposób komercjalizować badania. Wydaje się, że to dobra symbioza przemysłu z nauką.

Mamy też solidne wsparcie ze strony Urzędu Marszałkowskiego. Marszałek Struzik zdecydował

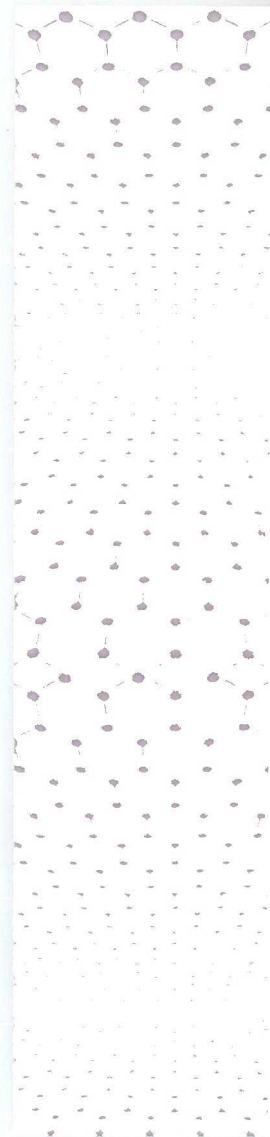
się zainwestować w Centrum Grafenowe, budowa już się rozpoczyna. W pierwszej fazie będziemy „dozbrojeni” urządzeniami pomiarowymi. W drugiej ma być dobudowany oddzielny budynek, w którym znajdzie się również część badawcza, technologiczna. Wygląda na to, że współpraca między Urzędem Marszałkowskim a Agencją Rozwoju Przemysłu też się rozwija. Widzimy konkretne wyniki tej współpracy, które przekładają się na zwiększanie naszych możliwości.

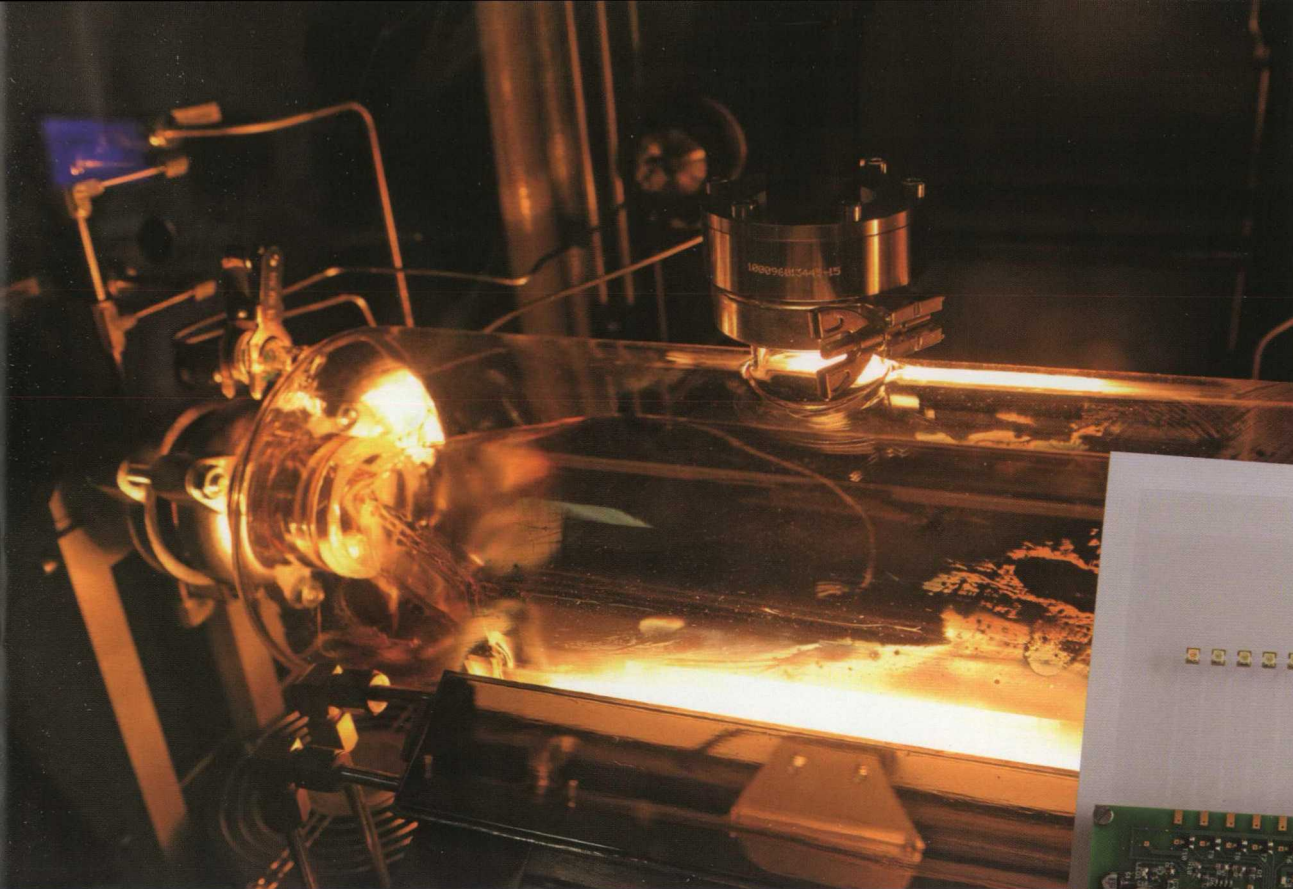
Jeśli chodzi o stronę biznesową, także Narodowe Centrum Badań i Rozwoju uruchomiło program Graftech, nastawiony na wsparcie zastosowań. Więc część aplikacyjna w Polsce jest jako tako zorganizowana. Natomiast trochę kuleje u nas wsparcie badań podstawowych. Dotychczas właściwie wszystkie te badania prowadziliśmy na bazie jednego projektu, prac własnych, środków instytutowych. Dotacja z Ministerstwa Nauki była mocno ograniczona. Potem z listy dotacji ministerstwa skreślono m.in. urządzenie do spektroskopii jonów wtórnych. Na szczęście zostanie ono sfinansowane przez Urząd Marszałkowski. Obecność w projekcie europejskim wiąże się z ryzykiem, że szybciej pójdziemy w stronę aplikacyjną, a trochę odpuścimy badania podstawowe. Do tego nie wolno dopuścić. Ta technologia ciągle się rozwija! Jeżeli przestaniemy prowadzić badania podstawowe, zostaniemy wyprzedzeni. Ale i tak wydaje mi się, że główny nacisk i w Polsce, i w Europie powinien być kładziony na badania aplikacyjne w dziedzinie grafenu. To jest najważniejsze.

Opisał pan finalną sytuację – powołana jest spółka. Ale jak do tego doszło? Czy to biznes nasłuchiwał i wypatrywał możliwości?

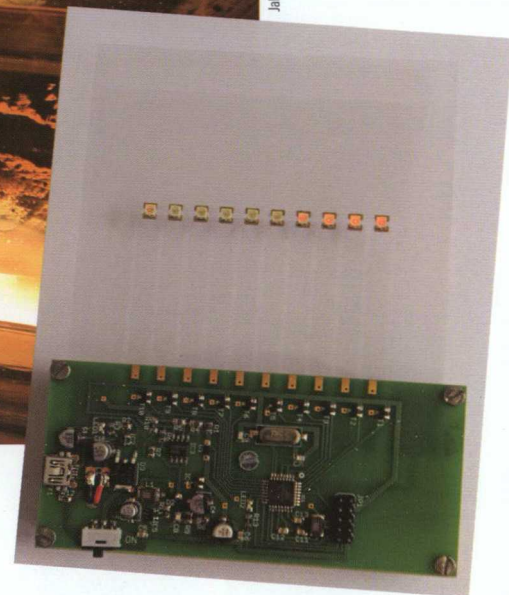
Biznes na ogół nasłuchuje. Gdy się okazało, że jestem współautorem artykułu z noblistą, że patentujemy nową metodę, że jesteśmy w gronie głównych rozgrywających w dziedzinie badań i technologii grafenu – biznes zaczął się interesować. W większości przypadków dość pośpiesznie – zainwestować trochę i sprzedać z zyskiem wkrótce. To nie było dla nas. Natomiast prezes Dąbrowski osobiście do mnie zadzwonił któregoś dnia i poprosił o rozmowę. Przyjechał do Instytutu... i tak się dalej potoczyło.

Innym pozytywnym przykładem jest produkująca urządzenia firma SECO-WARWICK – polska wbrew nazwie. Jej przedstawiciel zadzwonił i powiedział, że chcą wejść w rynek wytwarzania urządzeń do grafenu. Rozpoczęliśmy współpracę dzięki projektowi Graftech. W rezultacie w czerwcu uruchomiliśmy największe w Europie i jedno





Jakub Ostrowski



z największych na świecie urządzeń do wytwarzania grafenu na foliach miedzianych.

Może to niezbyt taktowne pytanie, ale... czy da się na tym zarobić?

To bardzo właściwe pytanie. Powiedziałbym wręcz, że w Polsce należy je częściej zadawać. W naszej społeczności przyzwyczailiśmy się traktować je jako wstydlive i jakby nieprzystające do naukowca. Natomiast na świecie sytuacja jest taka, że czy się jest naukowcem, czy nie, trzeba wyniki swojej pracy w jakiś sposób komercjalizować. W zakładzie, którym kieruję, od wielu lat zajmujemy się wytwarzaniem struktur półprzewodnikowych, które sprzedajemy najlepszym i najbardziej wymagającym ośrodkom badawczym i komercyjnym na świecie. Grafen jest dla mnie kolejnym produktem. Można na nim zarabiać. Teraz celem jest zwiększanie wartości dodanej. Lepiej sprzedawać pachnące bułeczki niż mąkę. Chcemy proponować nie tylko grafen, ale także produkt grafenowy. Usiłuję namówić w Polsce, kogo tylko mogę, żeby zająć się intensywnie właśnie konkretnymi aplikacjami, wykorzystując nasze polskie doświadczenia, specjalizacje.

Czy współpraca z biznesem zmieniła pana funkcjonowanie jako naukowca?

Zmieniła zdecydowanie. Kiedyś przyjmowałem formę działania typową dla wielu pracowników naukowych w kraju. Później starałem się być bardziej skuteczny. Wszystkie projekty, jakie realizowałem, żyją dalej w postaci istniejących technologii. Żaden nie został zrealizowany tylko

po to, żeby skonsuować środki. Bez współpracy z przemysłem żylibyśmy w hermetycznym świecie. Wydaje nam się, że to, co robimy, jest fantastyczne. A może nie jest? Ze strony przemysłu dostajemy odpowiedź szybką, często brutalną, że coś się nadaje albo nie. To motywuje do podnoszenia jakości pracy i kwalifikacji.

A więc zmiana myślenia?

Zaczynam ją obserwować. Niekoniecznie u samych przedsiębiorców, ale osób takich właśnie jak pracownicy Agencji Rozwoju Przemysłu. Wcześniej traktowano naukowców trochę jako nieszkodliwych maniaków, którzy coś tam dłubią, ale i tak nic z tego nie będzie. A tu się okazuje, że daje się coś z nimi zrobić. I jeszcze pokazać światu. Zmienia się też mentalność naukowców. Już nie pracuje się od projektu do projektu - trzeba coś zrobić, ale to się może opłacić. Może powstanie jakaś firma, może będą jakieś zyski, jakieś namacalne efekty? Jeszcze nie ma systemu, nie ma procedur, wszystko się rodzi. Może ja już nie zdążę, ale może moi młodszy pracownicy na tym zyskają. A przede wszystkim jeśli w kraju będzie baza naukowa, techniczna, intelektualna, to może rozmaite zawirowania nie będą aż takie bolesne. ■

Na zdjęcie na str. 4 urządzenie prototypowe typu przemysłowego skonstruowane przez polską firmę Seco-Warwick ze Świebodzina do produkcji grafenu na podłożach metalicznych. Powyżej: reaktor badawczy do prac nad technologią wytwarzania grafenu i modyfikacją jego właściwości. Powyżej po prawej: Demonstrator zastosowania grafenu w „elastycznej elektronice”

Rozmawiały Agnieszka Pollo i Anna Zawadzka