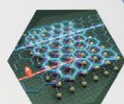
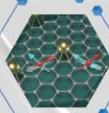
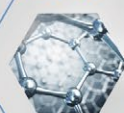
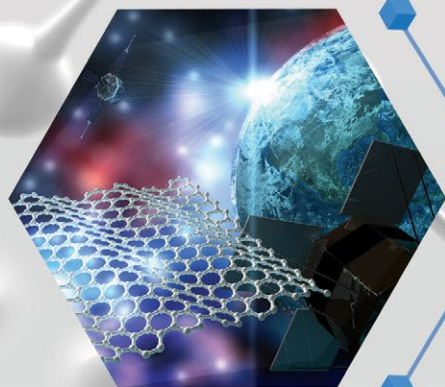


CORDIS Results Pack: **grafen**

Tematyczny zbiór wyników badań i innowacji finansowanych przez UE

Styczeń 2019

Innowacyjne zastosowania grafenu i materiałów dwuwymiarowych



Spis treści

3

Europejskie inwestycje
w grafen

5

Wszechstronność grafenu
znajduje zastosowanie
w technologiach
kosmicznych

7

Spektakularna skuteczność
grafenu w szybkiej
komunikacji optycznej

9

Masowa produkcja grafenu
wkracza w nową erę

11

Nowe materiały na bazie
grafenu

13

Małowymiarowa
spintronika działa
w temperaturze pokojowej
dzięki grafenowi

15

Postępy w biomedycynie
dzięki wykorzystaniu
grafenu

17

Grafenowe detektory
kropek kwantowych
do zakładanych urządzeń
monitorujących nowej
generacji

19

Grafen jako
superdoładowane szkło
powiększające

21

Zastosowanie grafenu
w bezbłędnych
przyspieszeniometerach
tunelowych

23

Zastosowanie technologii LbL
do wytwarzania tlenku
grafenu

25

Wzmacniane grafenem
polimery gotowe
do komercjalizacji

Od redakcji

Grafen to dwuwymiarowy kryształ składający się z atomów węgla uporządkowanych w sześciokątną sieć. Mając grubość pojedynczego atomu, grafen jest najcieńszym, a zarazem najbardziej wytrzymałym znanym związkiem (od 100 do 300 razy wytrzymalszym od stali) oraz najlżejszym znanym materiałem (jeden metr kwadratowy waży około 0,77 miligramów), a do tego jest niezwykle elastyczny.

Materiał przyszłości

Niniejsza broszura CORDIS Results Pack zawiera 12 artykułów poświęconych 6 ambitnym, nowatorskim unijnym projektom badawczym finansowanym w ramach programów badawczych 7PR i programu „Horyzont 2020” dotyczących grafenu i materiałów dwuwymiarowych. Siedem artykułów dotyczy różnych aspektów projektu Graphene Flagship.

Graphene Flagship to największa inicjatywa badawcza UE, która przy budżecie wysokości 1 mld EUR stanowi nową formę wspólnych skoordynowanych badań na niespotykaną dotąd skalę. Realizowane przez konsorcjum podmiotów naukowych i przemysłowych badania obejmują cały łańcuch wartości, od produkcji materiałów do produkcji komponentów i integracji systemów, w celu wykorzystania wyjątkowych właściwości grafenu.

We wprowadzeniu do grafenu przedstawiamy prace prowadzone w ramach inicjatywy Graphene Flagship, w tym we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną w zakresie wykorzystania grafenu w zastosowaniach kosmicznych, takich jak napęd lekki i odprowadzanie ciepła. Naukowcy wykorzystali również optoelektroniczne systemy komunikacyjne, aby umożliwić szybkie dostarczanie danych w przyszłości. Wytwarzanie grafenu na dużą skalę na potrzeby rynku komercyjnego wymagało zwiększenia produkcji do skali przemysłowej przy jednoczesnym zachowaniu powtarzalności, wysokiej jakości i opłacalności.

Naukowcy badali przetwarzanie chemiczne i zastosowania funkcjonalne materiałów grafenowych i grafenu w celu opracowania nowych struktur molekularnych o wyjątkowych właściwościach. Grafenowe urządzenia spintroniczne wykorzystują zarówno ładunek, jak i spin elektronów w temperaturze pokojowej, otwierając nowe możliwości w zakresie przetwarzania i przechowywania informacji. W ramach projektu Graphene Flagship badano również możliwości wykorzystania grafenu w zastosowaniach biomedycznych z zamiarem opracowania innowacyjnych urządzeń medycznych i czujników do wykrywania, leczenia i zarządzania chorobami układu nerwowego.

Nie wszystkie europejskie badania nad grafenem są prowadzone w ramach projektu Graphene Flagship, a naukowcy korzystają także z innych źródeł finansowania. W ramach inicjatywy GRAPHEALTH stworzono następną generację czujników noszonych na ciele, podczas gdy w projekcie GRASP wykorzystano oddziaływanie między grafenem i światłem w obliczeniach kwantowych i biomedycynie. Dzięki GRATA powstały przyspieszeniometry tunelowe do monitorowania drgań maszyn, a dzięki projektowi HIGRAPHEN – gęste kompozyty polimerowe do wykorzystania w optoelektronice i magazynowaniu energii. Uczestnicy projektu PolyGraph (w ścisłej współpracy z Graphene Flagship) badali polimery wzmocnione grafenem do zastosowania w sektorze aeronautyki i motoryzacji.

Europejskie inwestycje w grafen

Pierwszy na świecie dwuwymiarowy materiał, grafen, ma niezwykle i wyjątkowe właściwości. W ramach ważnej unijnej inicjatywy grafen jest rozwijany i stosowany w niezliczonej ilości nowych technologii.

Grafen jest znanym materiałem: rysik w ołówkach to w rzeczywistości grafit, który składa się z wielu ułożonych na sobie warstw grafenu. Po wyizolowaniu warstwy o grubości pojedynczego atomu w 2004 roku przez Andrieja Gejma i Konstantina Nowosiółowa na Uniwersytecie w Manchesterze, naukowcy odkryli niezwykle właściwości poszczególnych warstw grafenu. Należy do nich najwyższa przewodność cieplna spośród wszystkich znanych materiałów, a także bardzo wysoka wytrzymałość i przewodność elektryczna. Ponadto grafen jest nieprzepuszczalny, przezroczysty i elastyczny, a kombinacje tych właściwości mogą być wykorzystywane w wielu różnych dziedzinach.

Celem finansowanej przez UE inicjatywy Graphene Flagship jest przeniesienie grafenu i materiałów grafenowych (GRM)

z laboratorium na rynek w postaci nowych ekscytujących i wszechstronnych produktów. Celem inicjatywy było także przyczynienie się do wzrostu gospodarczego Europy poprzez stworzenie nowych możliwości zatrudnienia.

Znaczące inwestycje

Jest to największa inicjatywa badawcza UE – przy czasie realizacji 10 lat i budżecie wysokości 1 mld EUR stanowi nową formę wspólnych skoordynowanych badań na niespotykaną dotąd skalę. Jest współfinansowana przez Komisję Europejską, państwa członkowskie i kraje stowarzyszone i zrzesza ponad 150 grup badawczych w 23 krajach, obejmujących instytucje akademickie, instytuty badawcze i przemysł. „Prace badawcze





Prace badawcze obejmują cały łańcuch wartości, od produkcji materiałów do technologii komponentów i integracji systemów, od elektroniki lub optoelektroniki do materiałów kompozytowych, akumulatorów i powłok.

obejmują cały łańcuch wartości, od produkcji materiałów do technologii komponentów i integracji systemów, od elektroniki lub optoelektroniki do materiałów kompozytowych, akumulatorów i powłok”, tłumaczy dr Jari Kinaret, dyrektor Graphene Flagship.

W bieżącej fazie programu (znanej jako Core2), przypadającej na lata 2018–2020, realizowanych jest sześć głównych projektów. Projekty te koncentrują się na wielu różnych zastosowaniach, ale wszystkie mają na celu opracowanie nowych lub ulepszonych produktów wykorzystujących GRM. Potwierdzeniem przechodzenia w kierunku wyższego poziomu gotowości technologicznej jest założenie przez organizacje partnerskie sześciu spółek spin-off. Te wykorzystujące zdobycze naukowe partnerów firmy pozyskały ponad 20 mln EUR środków na rozpoczęcie działalności.

„Trudno jest wybrać najciekawsze spośród wyników”, mówi dr Kinaret. „Chciałbym jednak wspomnieć o niezwykle szybkich systemach łączności, takich jak bardzo szybkie fotodetektory i przełącznik fotoniczny do systemów komunikacji 5G”. Warto wymienić też połączenie różnych skalowalnych technologii produkcji płatków grafenowych w oparciu o elektrochemię lub eksfoliację ścinającą, przy czym obie zostały już wprowadzone na rynek.

Istotne korzyści

Inicjatywa promuje również zrównoważony rozwój, a badacze pracują nad kilkoma technologiami związanymi z energią

odnawialną. „Na przykład budujemy farmę solarną na Krecie i rozwijamy technologie magazynowania energii, które są kluczowe dla elektromobilności”, wyjaśnia dr Kinaret. „Mówiąc bardziej ogólnie, wiele technologii, nad którymi pracujemy, zmniejsza zużycie energii dzięki umożliwieniu wytwarzania lżejszych samochodów i samolotów. Ponadto opracowujemy szeroką gamę czujników do zastosowań środowiskowych i medycznych”.

Wyjątkowe właściwości cieplne i wytrzymałościowe grafenu sprawiają, że idealnie nadaje się on do poprawy wydajności urządzeń lotniczych i satelitarnych. W połączeniu z materiałami kompozytowymi lub tworzywami sztucznymi grafen zyskuje unikalne właściwości pod względem całkowitej wytrzymałości i przewodności cieplnej. Grafen przydaje się również w nowych zastosowaniach diagnostycznych i leczniczych, takich jak dostarczanie leków i biosensory.

Europa jest obecnie jednym z głównych graczy, jeżeli chodzi o grafenową rewolucję. „Przenosząc grafen ze sfery laboratoriów naukowych na rynek, inicjatywa Graphene Flagship ma przyczynić się do wzrostu gospodarczego, tworzenia nowych miejsc pracy i nowych możliwości dla Europejczyków, zarówno inwestorów, jak i pracowników”, podsumowuje dr Kinaret.

PROJEKT

Graphene Flagship

KOORDYNOWANY PRZEZ

Uniwersytet Technologiczny Chalmers, Szwecja

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

graphene-flagship.eu



Wszechstronność grafenu znajduje zastosowanie w technologiach kosmicznych

W ramach przemysłowej serii eksperymentów europejscy badacze po raz pierwszy przetestowali grafen w warunkach mikrogravitacji. Ekscytujące wyniki tych badań stanowią cenną podstawę do opracowania urządzeń grafenowych nadających się do zastosowania w przestrzeni kosmicznej.



© Graphene Flagship

Grafen posiada wyjątkowe właściwości mechaniczne, elektryczne i cieplne, co skłania naukowców do zbadania przydatności tej dwuwymiarowej struktury czystego węgla.

Naukowcy i studenci z inicjatywy badawczej Graphene Flagship, we współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA), znaleźli dodatkowy potencjał dla tego materiału, dotyczący jego wykorzystania w technologiach kosmicznych, w tym w napędach lekkich i zarządzaniu energią cieplną. Efekty tej synergii stanowią pierwszy krok w kierunku poszerzenia granic badań nad grafenem.

Żeglowanie w kosmosie dzięki grafenowi

Breakthrough Starshot to przełomowy projekt badawczy i inżynierski, którego celem jest opracowanie testowej floty lekkich statków kosmicznych, które miałyby dotrzeć do układu gwiazdy Alfa Centauri w ciągu 20 lat od startu.

W ramach Graphene Flagship zespół absolwentów Uniwersytetu Technicznego w Delft w Holandii, uczestniczących w programie [ESA Education pn. „Drop Your Thesis!”](#), zrobił pierwszy krok w kierunku urzeczywistnienia tego ambitnego celu. Program umożliwił im przeprowadzenie eksperymentu w warunkach mikrogravitacji w Centrum Technologii Kosmicznej Stosowanej i Mikrogravitacji (ZARM) w Bremie w celu przetestowania potencjału grafenu jako materiału do produkcji żagla słonecznego pełniącego funkcję napędu statków kosmicznych.

Aby uzyskać warunki mikrogravitacji, kapsuła zawierająca kamery, lasery i grafen była spuszczana ze 150-metrowej wieży, w wyniku czego znajdowała się w stanie nieważkości przez 4,5 sekundy. Ciśnienie promieniowania generowane przez światło lasera o dużej mocy padające na membranę grafenową powodowało poruszanie się żagla. Zespół mierzył to przemieszczenie za pomocą mikroskopu w celu określenia siły ciągu działającej na żagle grafenowe.



Eksperymenty wykazały, że grafen poprawia ciśnienie kapilarne płynu w metalowej rurce o 40 % oraz szybkość parowania o 800 %.

„Aby napęd był efektywny, lekki żagiel musi mieć dużą powierzchnię i być jak najlżejszy. Grafen spełnia te wymagania, ponieważ jest bardzo lekki i wytrzymały i może być rozwinięty na dużej powierzchni”, wyjaśnia prof. Andrea Ferrari (Uniwersytet w Cambridge w Zjednoczonym Królestwie), pracownik naukowy i technologiczny Graphene Flagship.

Materiał został umieszczony na pokładzie samolotu Novespace Zero-G, gdzie warunki mikrogravitacji są wytwarzane przez powtarzające się okresy 24 sekund podczas lotu parabolicznego. Podczas każdego z 6 lotów samolot wykonał 31 parabolicznych łuków, co w sumie daje ponad godzinę spędzoną w mikrogravitacji.

„Grafen znajdujący się na pokładzie wytrzymał te warunki i sprawdził się dobrze. Eksperymenty wykazały, że grafen poprawia ciśnienie kapilarne płynu w metalowej rurce o 40 % oraz szybkość parowania o 800 %”, zauważa prof. Ferrari.

Grafen rozprawia ciepło

Naukowcy z instytutów partnerskich Graphene Flagship – Wolnego Uniwersytetu Brukselskiego (ULB) (Belgia), Uniwersytetu w Cambridge (Zjednoczone Królestwo), bolońskiego oddziału włoskiej Narodowej Rady ds. Badań Naukowych (CNR) (Włochy) i Leonardo (Włochy) – zaprojektowali eksperyment mający na celu sprawdzenie, w jaki sposób powłoki grafenowe mogą poprawić wydajność systemów chłodzenia satelitów poprzez wykorzystanie unikalnych właściwości termicznych tego materiału.

Prof. Ferrari tłumaczy: „Grafen jest używany w tzw. rurkach ciepła z pętlą obiegową, czyli pompach, które wprawiają ciecz w ruch bez konieczności stosowania części mechanicznych. To bardzo przydatna technologia w przypadku operacji kosmicznych, ponieważ nie ulega zużyciu i nie wymaga konserwacji. Na przykład, rurki ciepła z pętlą obiegową mogą odprowadzać ciepło z gorących systemów elektronicznych w satelitach do przestrzeni kosmicznej”.

Oba eksperymenty ukazały w wyjątkowy sposób potencjał grafenu, który teraz znalazł zastosowanie w przestrzeni kosmicznej. W oparciu o te zachęcające wyniki zespół projektu Flagship kontynuuje rozwijanie i optymalizację urządzeń grafenowych do zastosowań w rzeczywistych warunkach panujących w kosmosie.

PROJEKT

Graphene Flagship

INSTYTUCJA ROZMÓWCY

Uniwersytet w Cambridge, Zjednoczone Królestwo

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

graphene-flagship.eu



Spektakularna skuteczność grafenu w szybkiej komunikacji optycznej

Zastosowanie arkuszy grafenu w fotonice krzemowej może stanowić podstawę technologii transmisji danych następnej generacji. Naukowcy z inicjatywy Graphene Flagship przybliżyli tę technologię do zastosowania w praktyce, demonstrując pierwszą na świecie szybką, opartą na grafenie transmisję danych z prędkością 50 Gb/s.

Program Graphene Flagship ma pełnić rolę katalizatora rozwoju przełomowych zastosowań grafenu dzięki współpracy nauki i przemysłu, aby w ciągu 10 lat wprowadzić ten wszechstronny materiał na rynek. Znaczenie zastosowania grafenu w fotonice krzemowej uwidoczniło się we wspólnych wynikach uzyskanych dzięki współpracy partnerów projektu: AMO GmbH (Niemcy), Krajowego Międzyuczelnianego Konsorcjum w dziedzinie Telekomunikacji (CNIT) (Włochy), firmy Ericsson (Szwecja), Uniwersytetu w Gandawie (Belgia), Instytutu Nauk Fotonicznych (ICFO) (Hiszpania), imec (Belgia), Nokii (Niemcy i Włochy), Wiedeńskiego Uniwersytetu Technicznego (TU Wien) (Austria) oraz Uniwersytetu w Cambridge (Zjednoczone Królestwo).

Cudowny chip

Krzem jest powszechnie uznawany za odpowiedni do integracji monolitycznej w fotonice. Jednak jak dotąd nie udało się zwiększyć prędkości oraz zmniejszyć mocy i śladu węglowego kluczowych elementów technologii fotoniki krzemowej w jednym układzie scalonym. Grafen – ze swoją zdolnością do emisji, modulacji i wykrywania sygnału – może być kolejną przełomową technologią, która umożliwi osiągnięcie tego celu.



Urządzenia fotoniczne na bazie grafenu, oferujące wysoką prędkość przesyłania danych, są kluczowe dla komunikacji danych następnej generacji.

„Grafen stanowi kompleksowe rozwiązanie dla technologii optoelektronicznych”, tłumaczy Daniel Neumaier z AMO GmbH, lider działu Graphene Flagship ds. integracji elektroniki i fotoniki. Jego dostrajalne właściwości optyczne, duża ruchliwość elektronów, działanie szerokopasmowe i kompatybilność z fotoniką krzemową umożliwiają monolityczną integrację modulatorów fazowych i absorpcyjnych, przełączników i fotodetektorów. Integracja na jednym chipie może zwiększyć wydajność urządzenia i znacznie zmniejszyć jego rozmiary oraz koszty produkcji.

Nie do końca na krzemie

Modulacja i wykrywanie światła są kluczowymi operacjami w fotonicznych układach scalonych. Nieposiadający pasma wzbronionego grafen umożliwia szerokopasmową detekcję światła przy użyciu jednego materiału, ponieważ pochłania je równomiernie w szerokim zakresie widma widzialnego i podczerwonego. Dwuwymiarowy materiał przejawia również efekty elektroabsorpcji i elektrorefrakcji, które mogą zostać wykorzystane do ultraszybkiej modulacji.

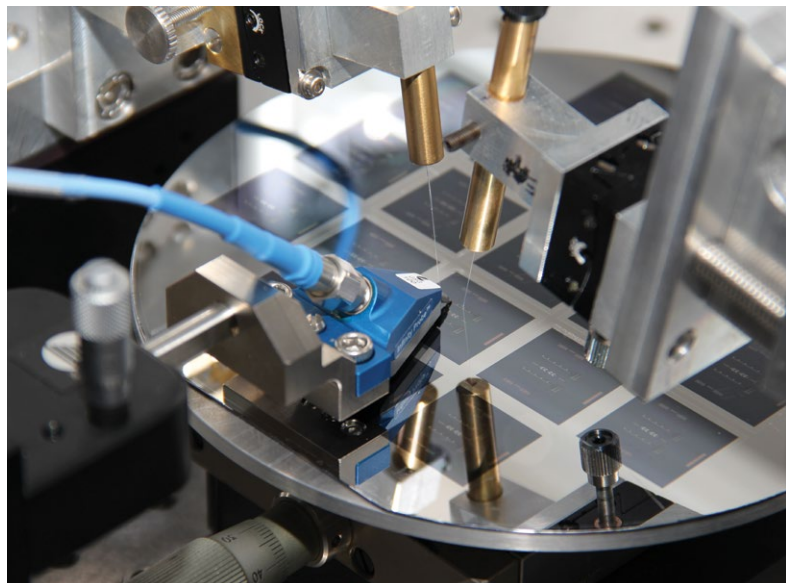
Zamiast polegać na kosztownej technologii płytek typu „krzem na izolatorze”, szeroko stosowanej w fotonice krzemowej, badacze z projektu

Graphene Flagship zaproponowali wygodniejszą konfigurację. Składa się ona z pary pojedynczych warstw grafenu (SLG) oraz kondensatora będącego stosem SLG-izolator-SLG umieszczonym na pasywnym falowodzie. „Taki układ ma szereg zalet w porównaniu z modulatorami fonicznymi”, wyjaśnia Neumaier. Jak mówi, produkcja modulatorów nie opiera się na materiale falowodowym ani na mechanizmach modulacji wykorzystujących elektrorefrakcję i elektroabsorpcję. Ponadto zastąpienie fotodetektorów germanowych grafenem jednowarstwowym eliminuje konieczność stosowania dość kosztownych modułów epitaksji germanu i powiązanych specjalistycznych procesów domieszkania.

Azotek krzemu (SiN) dostarczył dobrego substratu do syntezy grafenu, oferując wysoką ruchliwość nośników, przezroczystość w widmie światła widzialnego i podczerwonego oraz doskonałą kompatybilność z technologiami krzemowymi i technologiami metal-tlenek-półprzewodnik (CMOS). Jako platforma do falowodów pasywnych SiN ułatwia integrację lasera i sprzężenie światłowodowe z falowodem, umożliwiając tym samym projektowanie miniaturowych urządzeń.

Doskonałe perspektywy dla fotoniki opartej na grafenie

Wykorzystując potencjał grafenu, naukowcy z powodzeniem przeprowadzili demonstracyjną komunikację danych z wykorzystaniem grafenowych komponentów fonicznych z szybkością do 50 Gb/s. Modulator grafenowy przetwarzał dane po stronie nadajnika sieci, kodując elektroniczny strumień danych do sygnału optycznego. Po stronie odbiornika fotodetektor grafenowy przekształcał modulację optyczną w sygnał elektroniczny. „Wyniki te są obiecującym



początkiem, jeżeli chodzi o wykorzystanie grafenowych urządzeń fonicznych w komunikacji danych następnej generacji”, podsumowuje Neumaier.

PROJEKT

Graphene Flagship

INSTYTUCJA ROZMÓWCY

AMO GmbH, Niemcy

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

graphene-flagship.eu



Masowa produkcja grafenu wkracza w nową erę

Unikalna kombinacja właściwości grafenu toruje drogę do wielu różnych zastosowań, od energetyki i elektroniki po urządzenia biomedyczne i maszyny latające. Aby sprostać tym rosnącym wymaganiom, naukowcy muszą zwiększyć produkcję grafenu do skali przemysłowej.

Tradycyjnie produkcja grafenu odbywa się poprzez przetwarzanie grafitu lub za pomocą osadzania z fazy gazowej (CVD), a każda z tych metod prowadzi do uzyskania materiału o innych właściwościach i jakości. Choć CVD jest podejściem skalowalnym, to jednak umożliwia otrzymanie wyłącznie jednowarstwowego grafenu wysokiej jakości, nadającego się do zastosowania w półprzewodnikach.

Pakiet roboczy Graphene Flagship dotyczący produkcji, prowadzony przez dr Alexa Jouvraya z [Aixtron Ltd](#) w Zjednoczonym Królestwie, jest poświęcony masowej produkcji grafenu do zastosowań komercyjnych. Chodzi o zwiększenie skali procesów produkcji CVD i wytwarzanie dużych ilości grafenu w skali przemysłowej w sposób efektywny kosztowo, przy jednoczesnym zachowaniu powtarzalności i wysokiej jakości. „Naszym dalekosiężnym celem jest stworzenie przemysłowego łańcucha dostaw grafenu w Europie, który mógłby wspierać różnorodne zastosowania tego materiału”, wyjaśnia dr Jouvray. Partnerami pakietu roboczego są producent sprzętu przemysłowego (Aixtron Ltd), komercyjni producenci grafenu (Avanzare Innovacion Tecnologica SL, Graphenea SA i Grupo Antolin-Ingenieria SA) oraz użytkownicy końcowi grafenu, jak Airbus Operations SL i Aernnova.

Metody produkcji

Metody przetwarzania grafenu, takie jak eksfoliacja, sonikacja i obróbka plazmowa, w kontrolowany sposób rozbijają grafit, wytwarzając płatki grafenowe. Metoda eksfoliacji umożliwia produkcję płatków grafenowych o bardzo wysokiej jakości, ale nie jest skalowalna. Z kolei obróbka plazmowa i sonikacja

pozwalają na wytwarzanie bardzo dużych ilości tlenku grafenu, zredukowanego tlenku grafenu i nanopłytek grafenowych, które służą jako dodatki do tworzyw sztucznych oraz mogą być stosowane w polimerach wzmocnionych włóknem szklanym lub w betonie w celu zwiększenia jego wytrzymałości i przewodności cieplnej. Ponadto te materiały grafenowe nadają się do powłok i zastosowań poligraficznych.

Naukowcy z powodzeniem opracowali metodę wielkoskalowego nanoszenia grafenu na folię wraz z technologią płytek, która przenosi wysokiej jakości grafen na podłoża o dużej powierzchni. Co więcej, firma Avanzare zwiększyła produkcję grafenu do kilku ton rocznie i jest dostawcą tego surowca dla innych partnerów Graphene Flagship.

Nowe produkty na bazie grafenu

Oprócz systemów produkcji i osadzania grafenu podejmowane są również znaczne wysiłki w celu kwalifikacji produktów na bazie grafenu w rzeczywistym środowisku. Na rynek trafiło wiele produktów zawierających grafen, takich jak rakietki tenisowe, podsufitki samochodowe oraz szeroka gama materiałów pochodnych. Pakiet roboczy dotyczący produkcji działa w szczególności pod kątem przemysłu motoryzacyjnego, lotniczego i kosmicznego oraz optoelektronicznego.



Naszym dalekosiężnym celem jest stworzenie przemysłowego łańcucha dostaw grafenu w Europie, który mógłby wspierać różnorodne zastosowania tego materiału.



© Graphene Flagship

Dodając grafen do kompozytu polimerowego, naukowcy stworzyli trudnopalne tworzywo sztuczne, które może znaleźć zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym i budowlanym. Zastosowanie takich inteligentnych materiałów wraz z efektywnymi systemami wykrywania pożarów może niewątpliwie zwiększyć bezpieczeństwo budynków. Jednocześnie, w kontekście coraz częstszych problemów pożarów pojazdów, materiały zmniejszające palność pomogą zwiększyć bezpieczeństwo na drogach.

Duże znaczenie ma opracowywanie struktur wzmacnianych grafenem z myślą o zastosowaniach lotniczych. Grafen poprawia właściwości mechaniczne i przewodnictwo materiałów kompozytowych. Inżynierowie i naukowcy z firm Airbus, Aernnova i Grupa Antolin opracowali prototypowy komponent samolotu

wykorzystujący materiały kompozytowe na bazie grafenu, który zapewnia ochronę przed wyładowaniami atmosferycznymi, a jednocześnie ma mniejszą masę.

Do niedawna zastosowanie grafenu ograniczało się w dużej mierze do środowiska badawczego. „W pakiecie roboczym dotyczącym produkcji rozwój grafenu jest całkowicie napędzany przez przemysł, a producenci materiałów i sprzętu muszą przestrzegać ścisłych protokołów rozwoju i kontroli jakości”, uważa dr Jouvray.

Ponieważ grafen szybko staje się materiałem XXI wieku, przemysł musi nadążyć za procesami produkcyjnymi. Dr Jouvray jest przekonany, że projekt Graphene Flagship „stworzy przemysłowy ekosystem dla grafenu i produktów grafenowych, rozszerzając tym samym ich potencjalne zastosowania”.

PROJEKT

Graphene Flagship

INSTYTUCJA ROZMÓWCY

Aixtron Ltd, Zjednoczone Królestwo

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

graphene-flagship.eu



Nowe materiały na bazie grafenu

Zanieczyszczenie jest poważnym problemem w wielu częściach świata, zwłaszcza na obszarach miejskich. Wykorzystując nowe materiały na bazie grafenu, naukowcy pracujący w ramach pakietu roboczego Graphene Flagship dotyczącego pianek i powłok funkcjonalnych opracowali rozwiązania mające na celu m.in. ograniczenie problemu zanieczyszczenia środowiska.

Powszechny entuzjazm wobec zastosowania grafenu w przemyśle nieco zgasł ze względu na ograniczenia związane z wysokimi kosztami, skalowalnością i jakością. Testowano różne metody, które albo pozostawiają defekty w wytwarzanym materiale, albo mają niską wydajność. Dlatego pilnie potrzebna jest metoda produkcji wysokiej jakości grafenu na dużą skalę, posiadającego nowe funkcje.

Pakiet roboczy Graphene Flagship dotyczący pianek i powłok funkcjonalnych, realizowany pod kierownictwem prof. Xinliang Fenga z Politechniki Drezdeńskiej w Niemczech, koncentruje

się na obróbce chemicznej i funkcjonalnych zastosowaniach materiałów grafenowych i pochodnych (GRM). „Naszym celem jest wytworzenie porowatych struktur, takich jak pianki i membrany, głównie do filtracji, oraz funkcjonalnych cienkich folii do różnych zastosowań”, wyjaśnia dr Martin Lohe, lider grupy ds. innowacji i przemysłu na Uniwersytecie w Dreźnie.



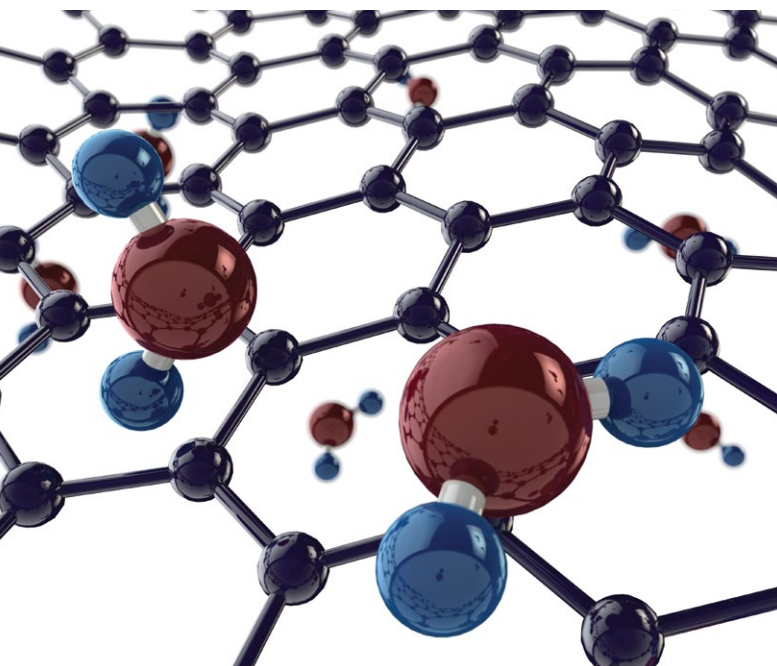
Eksfoliacja elektrochemiczna i funkcjonalizacja grafenu pomoże wypełnić lukę pomiędzy nauką o materiałach a praktycznymi zastosowaniami.

Zwiększenie skali produkcji grafenu

Naukowcy z powodzeniem opracowali proces produkcji grafenu oparty na eksfoliacji elektrochemicznej, który pozwala uzyskać wysokiej jakości grafen przy bardzo wysokiej wydajności. Polega on na użyciu elektrolitu i prądu elektrycznego, które w ciągu kilku minut lub godzin w warunkach otoczenia napędzają tworzenie się struktury. Eksfoliacja elektrochemiczna jest również przyjazna dla środowiska i może być dostosowana do naturalnych zasobów węgla.

Najważniejszą zaletą tej metody jest to, że grafen o regulowanych właściwościach może być produkowany poprzez prostą zmianę materiału wyjściowego i warunków procesu. W efekcie może być wytwarzany na zamówienie, w zależności od danego zastosowania.

Naukowcy musieli pokonać pewne przeszkody związane głównie z tym, że wysokiej jakości grafen ma tendencję do sklejania się w stopy. Aby rozwiązać ten problem, użyto środków



funkcjonalizujących, które umożliwiły powstanie wysoce przewodzącego, ale rozcieńczalnego w wodzie grafenu. Jednocześnie podejście to zwiększyło wydajność i stabilność materiału.

Nowe zastosowania grafenu

Dzięki funkcjonalizacji grafen może nadawać się do wielu różnych zastosowań, takich jak fotokataliza wewnętrzna i zewnętrzna, odsalanie i oczyszczanie, magazynowanie energii i czujniki chemiczne. Partnerzy pakietu roboczego wyprodukowali farby grafenowe stosowane w całości drukowanych czujnikach i urządzeniach do magazynowania energii.

Nowatorskie zastosowania GRM opracowane w projekcie Graphene Flagship obejmują strategie oczyszczania wody, w tym filtracji i odsalania. Ta druga metoda daje nadzieję na zrównoważoną, energooszczędną i opłacalną produkcję czystej wody ze źródeł słonawych i morskich. GRM mogą być również stosowane w instalacjach katalitycznych do produkcji wodoru oraz w postaci pianek do celów oświetleniowych i jako elementy szybko nagrzewające się. Co ważne, grafen umożliwia również zwiększenie zdolności tlenu tytanu do rozkładu niektórych zanieczyszczeń. Kompozyty grafenowo-cementowe z tlenkiem tytanu mogą być wykorzystywane jako powłoki fotokatalityczne w inteligentnych budynkach, które mogą oczyszczać powietrze w miastach i niszczyć substancje zanieczyszczające wodę.

O wielu osiągnięciach projektu świadczy liczba wniosków patentowych, nagród i publikacji naukowych. Warto wspomnieć o 25 aktualnie realizowanych inicjatywach współpracy z partnerami przemysłowymi i dwóch powstałych spółkach spin-off, promujących metody produkcji i wyroby grafenowe na rynku.

Ponadto wyniki i materiały nanokompozytowe powstałe w tym pakiecie roboczym są przekazywane innym częściom projektu Graphene Flagship do wykorzystania w takich dziedzinach jak elektronika drukowana, czujniki czy ogniwa paliwowe i słoneczne. Pozwoli to na dalszy rozwój zastosowań grafenu, wykraczający poza obecne technologie. Komentując eksfoliację elektrochemiczną i funkcjonalizację grafenu, prof. Feng wyraża przekonanie, że „pomogą one wypełnić lukę pomiędzy nauką o materiałach a praktycznymi zastosowaniami”.

PROJEKT

Graphene Flagship

INSTYTUCJA ROZMÓWCY

Drezdeński Uniwersytet Techniczny (TUD), Niemcy

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

graphene-flagship.eu



Małowymiarowa spintronika działa w temperaturze pokojowej dzięki grafenowi

Badacze z projektu Graphene Flagship wyprodukowali urządzenia spintroniczne na bazie grafenu, które wykorzystują zarówno ładunek, jak i spin elektronów w temperaturze pokojowej. Wykazanie, że spin jest w stanie pokonać odległości do kilku mikrometrów, otwiera nowe możliwości w zakresie integracji przetwarzania i przechowywania informacji na pojedynczym chipie.

Od samego początku realizacji programu Graphene Flagship jego uczestnicy dostrzegają potencjał w zakresie urządzeń spintronicznych wykonanych z grafenu i materiałów pochodnych. Naukowcy z kilku uniwersytetów dowiedli, że możliwe jest manipulowanie właściwościami spinowymi grafenu w kontrolowany sposób w temperaturze pokojowej. Wyniki te są inspiracją dla nowych kierunków rozwoju urządzeń spinowo-logicznych i komputerów kwantowych. „W kontekście miniaturyzacji, która jest jedną z sił napędowych przemysłu elektronicznego, grafen otwiera nowe możliwości dotyczące zagęszczania operacji spinowo-logicznych z elementami pamięci magnetycznej na jednej platformie”, mówi profesor Stephan Roche z Katalońskiego Instytutu Badań Zaawansowanych (ICREA), który kieruje pakietem roboczym Graphene Flagship dotyczącym spintroniki od początku jego realizacji.

To nie wina niedoskonałości materiału

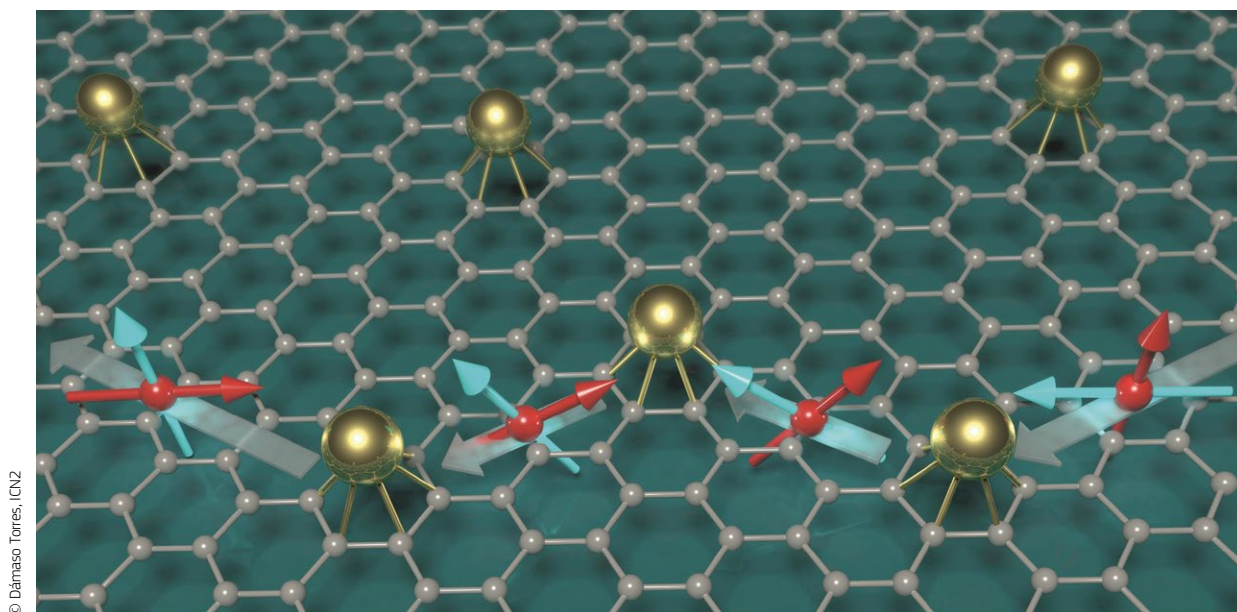
Grafen rozszerza zakres spintronicznej komunikacji między urządzeniami z nanometrów do mikrometrów przy niskich kosztach energii. Chociaż początkowe teoretyczne przewidywania szacowały czas życia spinu na około mikrosekundę, we wcześniej-

szych eksperymentach udawało się uzyskać w najlepszym razie kilka nanosekund. Ta zastanawiająca rozbieżność wydawała się sugerować, że za relaksację spinu odpowiadają przede wszystkim zanieczyszczenia i defekty materiału. Jednak badacze z projektu Flagship podważyli te teorie na temat mechanizmów relaksacji spinu i zaproponowali kilka nowych wyjaśnień, które sprawdzają się wyłącznie w przypadku grafenu.

Dokładniej mówiąc, zauważyli, że szybkość, z jaką spiny ulegają relaksacji w systemach złożonych z grafenu i dichalkogenków metali przejściowych (TMDC), w dużym stopniu zależy od tego, czy są one skierowane w stronę płaszczyzny grafenu, czy w przeciwnym kierunku. „Grafen sprzężony z TMDC może służyć jako filtr spinu, ponieważ przekazywanie informacji spinowych zależy od początkowej polaryzacji spinów wstrzykiwanych elektronów, czego owocem mogą być nowe koncepcje tranzystorów spinowych o małej mocy”, wyjaśnia prof. Roche. Co istotne, eksperymenty zostały przeprowadzone w temperaturze pokojowej i są szczególnie ważne dla zewnętrznego manipulowania spinami elektronów w grafenie.



W kontekście miniaturyzacji, która jest jedną z sił napędowych przemysłu elektronicznego, grafen otwiera nowe możliwości dotyczące zagęszczania operacji spinowo-logicznych z elementami pamięci magnetycznej na jednej platformie.



© Dámaso Torres, ICN2

Przełącznik doskonały

Ponieważ grafen pozwala na utrzymanie koherencji spinu na wystarczająco długich odległościach, zintegrowanie go z innym warstwowym materiałem, w którym spin jest utrzymywany przez znacznie krótszy czas, może doprowadzić do powstania spinowego tranzystora polowego. Łącząc grafen z dwusiarczkiem molibdenu (MoS₂), w którym trwanie spinu mierzone jest w pikosekundach, badacze z projektu Flagship wykazali, że możliwe jest kontrolowanie miejsca, przez które przechodzi spin, przy użyciu napięcia bramki. „To połączenie grafenu z innym cienkim materiałem dwuwymiarowym o odmiennych właściwościach spintronicznych umożliwi stworzenie przełącznika spinowego”, zauważa prof. Roche.

Naukowcy wybrali MoS₂ ze względu na krótką żywotność spinu wynikającą z silnego sprzężenia spinowo-orbitalnego. Co ważne, mieszanka ta działa w temperaturze pokojowej.

Zwiększenie sygnałów spinowych

Na podstawie analiz piśmiennictwa ustalono, że niedopasowanie przewodnictwa jest kluczowym czynnikiem, który może znacznie ograniczyć wstrzykiwanie spinu z ferromagnetyków do półprzewodników.

Zespołowi Flagship udało się istotnie poprawić wydajność wstrzykiwania i wykrywania elektronów spinowych do grafenu przy użyciu materiałów o strukturze warstwowej. Struktura ta składała

się z izolatora z azotku boru umieszczonego między warstwą grafenu i ferromagnetycznymi elektrodami wstrzykującymi/detektorowymi.

W wyprodukowanym urządzeniu polaryzacja wzrastała do 70 % pod wpływem napięcia, co podważa podręcznikowe teorie, zgodnie z którymi tylko ferromagnetyki mogą wpływać na polaryzację spinu. Zaobserwowano natomiast, że na polaryzację spinową w urządzeniach wpływa tunelowanie kwantowe. Spin przeskakiwał na odległość 10 mikrometrów w ponad 3 nanosekundy w temperaturze pokojowej.

„Wykorzystanie grafenu i innych materiałów dwuwymiarowych do opracowania następnej generacji pamięci opartych na momencie spinowym (takich jak STT-MRAM i SOT-MRAM) jest również niezwykle atrakcyjne i skłoniło firmę imec do objęcia kierownictwa w konsorcjum i podjęcia pracy nad ich wielkoskalową integracją w środowisku laboratoryjnym”, mówi Kevin Garelo, lider WP i badacz imec prowadzący pionierskie badania nad zaawansowanymi koncepcjami pamięci.

PROJEKT
Graphene Flagship

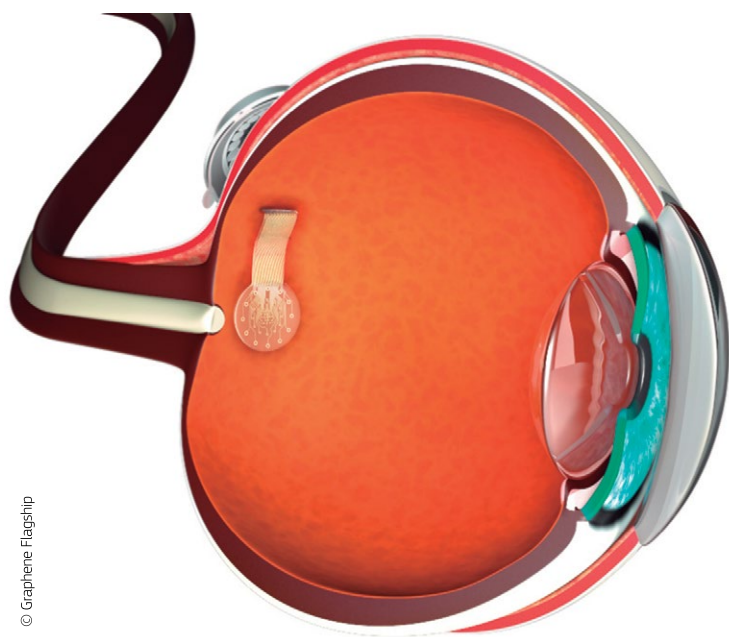
INSTYTUCJA ROZMÓWCY
imec, Belgia

FINANSOWANIE W RAMACH
H2020

STRONA PROJEKTU
graphene-flagship.eu

Postępy w biomedycynie dzięki wykorzystaniu grafenu

Rosnące zapotrzebowanie na usługi opieki zdrowotnej wymaga tworzenia nowatorskich rozwiązań. Grafen toruje tu drogę dzięki technologiom umożliwiającym zarządzanie chorobami układu nerwowego oraz ich wykrywanie i leczenie za pomocą implantów nerwowych.



© Graphene Flagship

Laboratorium Nanomedycyny Uniwersytetu w Manchesterze (Zjednoczone Królestwo) oraz prof. Jose A Garrido z Katalońskiego Instytutu Nanonauki i Nanotechnologii (Hiszpania), zgłębia wykorzystanie grafenu i materiałów pochodnych w opracowywaniu implantów nerwowych w celu rejestrowania i stymulowania aktywności elektrycznej mózgu, jak również w precyzyjnym dostarczaniu leków. Prof. Kostarelos wyjaśnia: „Celem tego pakietu roboczego jest opracowanie nowej generacji implantów nerwowych, łączących w sobie funkcje rejestracji i stymulacji z możliwościami terapeutycznymi”.

Implanty nerwowe są postrzegane jako obiecujące podejście do wykrywania, monitorowania i leczenia (poprzez stymulację elektryczną) szeregu różnych zaburzeń sensorycznych i motorycznych ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego. Implanty te służą jako łączniki między tkanką nerwową, włóknami nerwowymi lub poszczególnymi neuronami i urządzeniami zewnętrznymi, służącymi do rejestrowania, monitorowania i stymulowania aktywności mózgu w celu wpływania na funkcję ośrodkowego układu nerwowego.

Grafen jest najcieńszą, najbardziej wytrzymałą, a jednocześnie najlżejszą substancją, nieprzepuszczalną dla cząsteczek, ale poddającą się modyfikacjom chemicznym. Gdy dodamy do tego dużą powierzchnię i biokompatybilność, te unikalne właściwości czynią z grafenu bardzo obiecujący materiał dla różnych zastosowań biomedycznych.

Pakiet roboczy Graphene Flagship dotyczący technologii biomedycznych, prowadzony przez prof. Kostasa Kostarelosa w

Innowacyjne urządzenia grafenowe

Praca badawcza wybitnych naukowców z całej Europy zaangażowanych w projekt Graphene Flagship koncentruje się na inżynierii materiałowej, technologii implantów i funkcjonalności pod kątem zastosowań w neurologii, okulistyce i chirurgii. Ich celem jest zastosowanie tych urządzeń w diagnostyce i leczeniu



Celem tego pakietu roboczego jest opracowanie nowej generacji implantów nerwowych, łączących w sobie funkcje rejestracji i stymulacji z możliwościami terapeutycznymi.

różnych chorób, takich jak padaczka, choroba Parkinsona, ślepotą, reumatoidalne zapalenie stawów i cukrzyca.

Grafen jest uniwersalnym podłożem, które może przybierać wiele form o różnych właściwościach, doskonałym do generowania materiałów dwuwymiarowych, które mogą być wykorzystywane w urządzeniach rejestrujących i stymulujących aktywność mózgu. Przewodność elektryczna i elastyczność jednowarstwowych nanocząsteczek grafenowych znacznie ułatwiają dokładną rejestrację aktywności elektrycznej w tkance nerwowej.

Do elektrycznej stymulacji układu nerwowego – jak w przypadku pacjentów z chorobą Parkinsona, którzy nie reagują na lewodopę – naukowcy wybrali zredukowany tlenek grafenu. Tlenek grafenu wytwarza elastyczne, ale porowate substraty nanoskalowe o wysokiej pojemności, umożliwiające uzyskanie stymulacji przez dłuższy czas. Partnerzy tego pakietu roboczego badają technologię pozwalającą na opracowanie implantu siatkówki dla osób, które straciły wzrok z powodu schorzeń siatkówki. Kamera rejestruje obrazy z otoczenia i przekształca je w bodźce elektryczne, dostarczane poprzez mikroelektrody grafenowe.

Ponadto dostrajalne właściwości zawiesiny grafenu i jej zdolność do funkcjonalizacji przy pomocy tlenu można wykorzystać do dostarczania leków. Leki przeciwzapalne, neuroprzekazniki lub substancje przyciągające neurony są łączone z pokrytymi hydrożelem arkuszami grafenu i uwalniane z różną szybkością w momencie implantacji.

Przyszłość grafenu w biomedycynie

Badania nad wykorzystaniem grafenu i materiałów dwuwymiarowych do zastosowań biomedycznych rozszerzają się na różne dziedziny, poczynając od monitorowania urządzeń noszonych na ciele pacjenta, a skończywszy na dostarczaniu leków i diagnostyce nowotworów. Badania prowadzone w ramach pakietu roboczego dotyczącego technologii biomedycznych zasadzają się na niezwykłych właściwościach grafenu, które sprawiają, że jest on idealny do rejestrowania i stymulowania aktywności tkanek nerwowych w schorzeniach takich jak padaczka czy choroba Parkinsona.

„Grafen niewątpliwie toruje drogę do powstania nowych metod diagnostyki i leczenia, przyczyniając się do poprawy jakości życia milionów pacjentów na całym świecie”, podsumowuje prof. Kostarelos. Odnosząc się do przyszłości, podkreśla on, że „współpraca z przemysłem jest niezbędna do ukierunkowania innowacji i wysiłków badawczych na zastosowania najbardziej obiecujące pod względem komercyjnym”.

PROJEKT

Graphene Flagship

INSTYTUCJA ROZMÓWCY

Uniwersytet w Manchesterze, Zjednoczone Królestwo

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

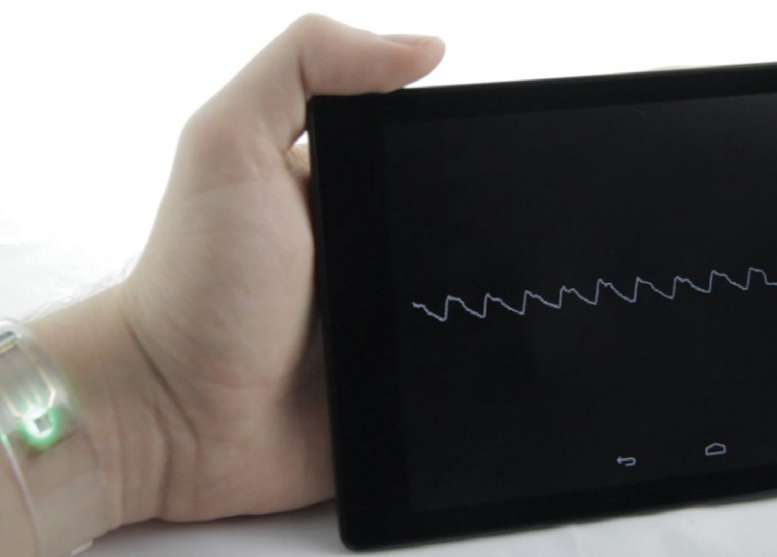
graphene-flagship.eu



Grafenowe detektory kropek kwantowych do zakładanych urządzeń monitorujących nowej generacji

Obszerne systemy monitorowania zdrowia mogą wkrótce stać się przeszłością dzięki nowym urządzeniom opracowanym w ramach projektu GRAPHEALTH.

Urządzenia te mogą pomóc w kształtowaniu przyszłych rynków elastycznych układów elektronicznych i inteligentnej odzieży.



Monitorowanie stanu zdrowia, szczególnie w trakcie ćwiczeń, było jednym z pierwszych zastosowań, dzięki którym rozwinięto koncepcję inteligentnych urządzeń do noszenia w rzeczywiste produkty nadające się do sprzedaży. Jednak rozszerzone systemy

do monitorowania zdrowia wykrywające różne rodzaje znaczników stanu zdrowia szybko stają się zbyt obszerne. Oznacza to, że do tej pory inżynierowie musieli znajdować optymalny kompromis między funkcjonalnością a wygodą; możliwe było zintegrowanie jedynie ograniczonej liczby komponentów, przez co cały system był mniej atrakcyjny, niż mógłby być.

Rozwiązanie, zdaniem dr. Franka Koppensa z Hiszpańskiego Instytutu Fotoniki (ICFO), leży w szczególnych właściwościach grafenowych wykrywaczy kropek kwantowych (GQD) – fotodetektorów o właściwościach grafenu i półprzewodnikowych kropek kwantowych. Detektory GQD rzeczywiście umożliwiłyby zaprojektowanie elastycznego, zwartego i poręcznego systemu do ciągłego monitorowania stanu zdrowia i kondycji fizycznej sportowców podczas ćwiczeń lub po urazie.

„Nasz fotodetektor jest bardzo czuły na światło w szerokim zakresie długości fal od 300 do 2 200 nm. A co najważniejsze, jest elastyczny”, podkreśla dr Koppens. „Jest to możliwe, ponieważ, zasadniczo, detektor można umieścić na dowolnym elastycznym podłożu. Ma on zaledwie kilkaset nanometrów grubości, więc doskonale nadaje się do integracji z czujnikami do noszenia”.

Wykorzystanie grafenu jest tutaj kluczowe, ponieważ pozwala on na wytwarzanie ultracienkich przewodników o ponadprzeciętnie dobrej przewodności i mobilności elektronicznej. Ponadto grafen może być łatwo przenoszony na elastyczne podłoża i może pokrywać stosunkowo duże obszary.

Dr Koppens wyjaśnia: „Działa to w następujący sposób: światło, czy to z urządzenia LED, czy z otoczenia, przenika przez skórę, a następnie oddziałuje na tkanki i naczynia krwionośne. Tam jest częściowo wchłaniane, ale także częściowo odbija się od skóry i może zostać wychwycone przez detektor. Gdy naczynia krwionośne będą się rozszerzać i kurczyć pod wpływem bicia serca, sygnał fotodetekcji również będzie modulował. Innymi słowy, bicie serca będzie bezpośrednio widoczne na podstawie sygnału fotodetekcji”.

To oczywiście tylko przykład. Technologia opracowana w ramach projektu GRAPHEALTH (Hybrid quantum dot and graphene wearable sensor for systemic haemodynamics and hydration-monitoring) może być także wykorzystywana do monitorowania stężenia tlenu. Wkrótce wykrywanie innych ważnych znaczników

stanu zdrowia również stanie się możliwe. Fotodetektor GRAPHEALTH jest kompatybilny ze stosowanymi obecnie procesami wytwarzania elastycznych układów elektronicznych, co oznacza, że branża nie powinna ponosić dużych kosztów inwestycyjnych.

„Opracowaliśmy kilka prototypowych urządzeń do noszenia – w tym jedno na nadgarstek oraz plaster, który właściwie jest cienką naklejką – i wykazaliśmy, że można je wytwarzać z wykorzystaniem skalowalnego grafenu o dużym polu powierzchni”, mówi dr Koppens.

Projekt został już zakończony, a dr Koppens i jego zespół zamierzają pracować nad zwiększeniem wszechstronności systemu GRAPHEALTH poprzez integrację funkcji wykrywania kolejnych znaczników stanu zdrowia. Naukowcy chcą także stworzyć całkowicie zintegrowany plaster do monitorowania stanu zdrowia z układami elektronicznymi oraz systemami do bezprzewodowego przesyłania energii i danych.

„Trudno jest przewidzieć, jak będzie przebiegać potencjalna komercjalizacja, ponieważ rynek elastycznych układów elektronicznych i urządzeń do noszenia jest bardzo młody. Możemy stworzyć szeroki asortyment różnych przedmiotów do noszenia, a także uwzględnić integrację z istniejącymi akcesoriami, takimi jak inteligentne zegarki. Obecnie wyzwaniem jest wybranie właściwego zastosowania, na którym się skupimy”, podsumowuje dr Koppens.

PROJEKT

GRAPHEALTH – Hybrid quantum dot and graphene wearable sensor for systemic hemodynamics and hydration monitoring

KOORDYNOWANY PRZEZ

Uniwersytet Neapolitański im. Fryderyka II, Włochy

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

N/A


Nasz fotodetektor jest bardzo czuły na światło w szerokim zakresie długości fal od 300 do 2 200 nm. A co najważniejsze, jest elastyczny.



Grafen jako superdoładowane szkło powiększające

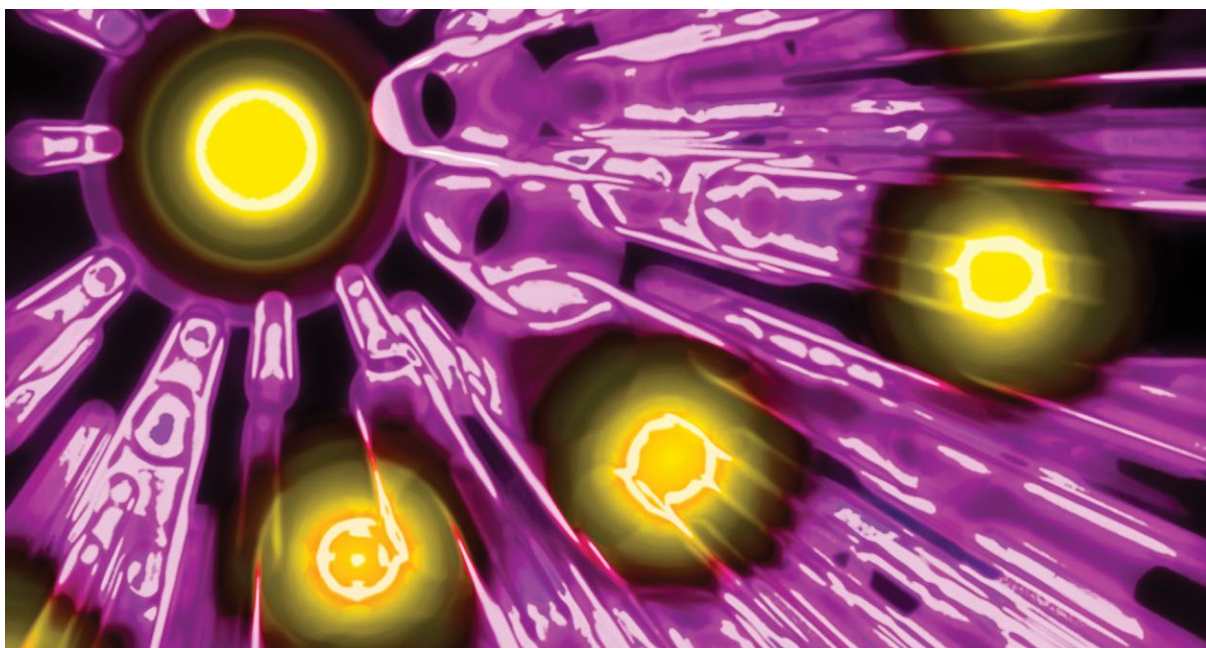
Złożone interakcje między grafenem a światłem są obecnie znacznie lepiej rozumiane dzięki pracom przeprowadzonym w ramach projektu GRASP. Wyniki czteroletniego badania stanowią podstawę dla przyszłych technologii wykorzystujących nieliniowe efekty optyczne.

Poza znaczeniem dla zrozumienia podstawowych praw fizyki, nieliniowe efekty optyczne są również kluczowe dla tak istotnych zastosowań jak obliczenia kwantowe, biomedycyna czy przełączanie optyczne. Nadal jednak istnieje wiele przeszkód utrudniających pełne wykorzystanie ich potencjału, a jedną z nich jest uzyskanie nieliniowych efektów optycznych przy ultraniskiej mocy i na urządzeniach o wielkości chipów.

„To rzeczywiście jedno z największych wyzwań w dziedzinie optyki”, mówi prof. dr Darrick Chang, lider grupy ds. kwanto-nanofotoniki

teoretycznej w ICFO. „Realizacja nieliniowych efektów optycznych wymaga zazwyczaj dużej intensywności lasera, a wynikający z tego pobór mocy – lub wielkość wymaganych źródeł zasilania – często sprawia, że staje się ona niepraktyczna, jak na przykład w przypadku urządzeń przenośnych”.

Ostatecznym celem byłoby uzyskanie efektów nieliniowych na poziomie pojedynczych kwantowych cząstek światła, a osiągnięcie tego celu jest warte świeczki. Umożliwiłoby to w szczególności uzyskanie najlepszej możliwej wydajności oraz



szerokie zastosowanie klasycznych urządzeń nieliniowych, ułatwiając jednocześnie otrzymanie zakłócających kwantowych protokołów informacyjnych, które nie mogą być realizowane na klasycznych platformach.

Właśnie z takimi założeniami w 2014 r. rozpoczęto projekt GRASP. „Celem projektu było zbadanie, czy stosunkowo nowy i egzotyczny materiał, jakim jest grafen, może pozwolić na wzajemne oddziaływanie impulsów światła o znacznie mniejszej mocy”, wyjaśnia. Wykorzystanie grafenu jest zasadniczo nowością w optyce nieliniowej, ale prof. dr Chang i jego zespół uznali, że wyjątkowe właściwości materiału pozwolą nawet pojedynczym cząsteczkom światła osiągnąć wymaganą intensywność umożliwiającą uruchamianie procesów nieliniowych.

„Jedną z unikalnych właściwości grafenu, która została zarówno teoretycznie przewidziana, jak i eksperymentalnie zaobserwowana, jest to, że może on skutecznie ogniskować lub przestrzennie ograniczać światło do skal o bardzo małej długości. Moglibyśmy tu użyć analogii do szkła powiększającego, które umożliwia skupienie światła słonecznego w małej plamce, co sprawia, że jest ono wystarczająco intensywne, by spalić kawałek papieru”, wyjaśnia prof. dr Chang.

W ramach tej analogii grafen można by uznać za superdoładowane szkło powiększające. Może wcisnąć światło w przestrzeń milion razy mniejszą niż najlepsze okulary powiększające czy soczewki, a wynikająca z tego intensywność byłaby na tyle wysoka, że wyzwalalaby nieliniowe procesy optyczne.

W ramach projektu GRASP po raz pierwszy można było zaobserwować nieliniowe efekty wynikające z tego efektu szkła powiększającego. Jest to szczególnie niezwykle, biorąc pod uwagę fakt, że grafen ma grubość zaledwie jednego atomu, podczas gdy standardowe nieliniowe urządzenia optyczne są wykonane z materiałów o dużych rozmiarach. Choć do osiągnięcia ostatecznego celu, jakim jest opracowanie całkowicie nowej generacji technologii opartej na nieliniowych urządzeniach optycznych, które mogą pracować z bardzo niską mocą, jest



Jedną z unikalnych właściwości grafenu, która została zarówno teoretycznie przewidziana, jak i eksperymentalnie zaobserwowana, jest to, że może on skutecznie ogniskować lub przestrzennie ograniczać światło do skal o bardzo małej długości.

jeszcze dość daleko, prace konsorcjum stanowią znaczący krok w tym kierunku.

„Oczywiście, aby grafen stał się dojrzałą technologią optyki nieliniowej, potrzeba o wiele więcej pracy. Stworzyliśmy jednak wiele ważnych elementów, które stanowią podstawę do dalszych badań. Chodzi tu m.in. o możliwość uzyskania nieliniowych efektów optycznych w grafenie w wyniku silnego ograniczenia światła, nauczenie się wytwarzania grafenu przy użyciu materiałów o wyższej jakości, konstruowanie nowych urządzeń, które mogą ograniczyć pole widzenia nie miliony, ale miliardy razy lepiej niż najlepsze obiektywy, a także lepsze zrozumienie złożonych interakcji między grafenem a światłem”, mówi prof. dr Chang.

Chociaż pewnie jest jeszcze za wcześnie, aby spekulować na temat konkretnych kierunków komercjalizacji, wykorzystanie grafenu w szeroko stosowanych klasycznych i nieliniowych technologiach optycznych w skali chipów jest obecnie o wiele bardziej prawdopodobne. To tłumaczy, dlaczego prof. dr Chang zamierza kontynuować te prace: „Po przygotowaniu ważnych wymaganych elementów naszym celem jest kontynuacja tej ekscytującej linii badań i rozpoczęcie łączenia tych elementów oraz realizacji podstawowych, ale prawdziwych urządzeń w nadchodzących latach”.

PROJEKT

GRASP - Graphene-Based Single-Photon Nonlinear Optics

KOORDYNOWANY PRZEZ

Instytut Nauk Fotonicznych (ICFO), Hiszpania

FINANSOWANIE W RAMACH

FP7-ICT

STRONA PROJEKTU

grasp-fet.eu



Zastosowanie grafenu w bezbłędných przyspieszeniometerach tunelowych

Dzięki stypendium przyznanemu przez Europejską Radę ds. Badań Naukowych (ERBN) w ramach programu Proof of Concept Uniwersytet Aalto pracuje nad stworzeniem nowatorskiej koncepcji przyspieszeniometera tunelowego z wykorzystaniem unikalnych właściwości grafenu. Jeżeli projekt okaże się sukcesem, jego wyniki mogą być przydatne dla branż wytwarzających produkty do zastosowań wymagających dużej precyzji.

Przyspieszeniometry są wykorzystywane w szerokim zakresie zastosowań: od systemów nawigacyjnych w samolotach po układy wykrywania ruchu w samochodach i przenośnych urządzeniach elektronicznych. Najbardziej wymagające zastosowania potrzebują przyspieszeniometerów o wysokiej rozdzielczości,

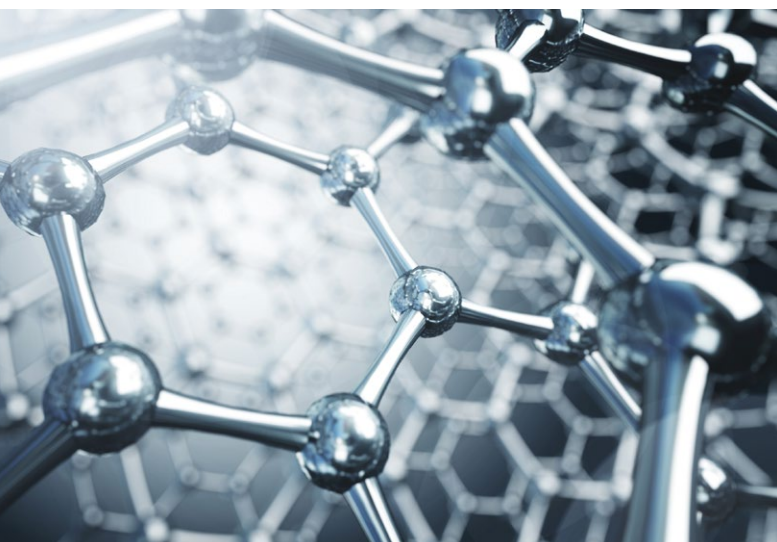
które są zarówno bardzo duże, jak i niezwykle drogie do wytworzenia.

W przypadku takich zastosowań, do których zaliczają się pomiary mikrogravitacji, pomiary akustyczne i pomiary sejsmologiczne, używanie przyspieszeniometerów tunelowych może się wydawać oczywiste. Urządzenia te, stanowiące ogromny krok naprzód w stosunku do ich konwencjonalnych odpowiedników, mogą być wytwarzane po znacznie niższych kosztach przy zachowaniu niezmniejszonej precyzji. Ich komercjalizacja jest jednak nadal utrudniona przez złożony proces produkcji i niestabilność w perspektywie długoterminowej.

Zespół projektu GraTA (Graphene Tunneling Accelerometer) opracowuje pierwszy — i już opatentowany — model przyspieszeniometera tunelowego wykorzystującego grafen. Jego zalety techniczne, w tym mniejszy rozmiar, większa szerokość pasma, prostsza konstrukcja i naturalna stabilność, już zostały dostrzeżone w branży. Projekt może między innymi umożliwić produkcję wysokiej klasy czujników opartych na grafenie.



Złożyliśmy jednak główny patent i zbieramy dodatkowe dane w terenie — jesteśmy zatem na dobrej drodze do osiągnięcia celu komercjalizacji.



Prof. dr Pertti Hakonen, który kieruje projektem, omawia koncepcję przyspieszeniomierza tunelowego, proces jego opracowywania oraz perspektywy w zakresie komercjalizacji.

Jakie wady przyspieszeniomierzy tunelowych chcieliście wyeliminować w ramach tego projektu?

Głównym problemem, jaki próbowaliśmy przezwyciężyć, jest brak długoterminowej stabilności krzemowych czujników tunelowych pokrytych metalem. Zwiększamy również czułość i szerokość pasma.

Dlaczego grafen może być odpowiednim rozwiązaniem do osiągnięcia tego celu?

Grafen jest znany ze swoich doskonałych właściwości mechanicznych (jest to lekki, mocny i wytrzymały kryształ węglowy) oraz dobrej przewodności elektrycznej (bez potrzeby powlekania metalem). Mamy doświadczenie w zajmowaniu się szczegółami, takimi jak napięcie w grafenowych strukturach mikroukładów elektromechanicznych (MEMS). Charakter tego materiału, w połączeniu z naszą wiedzą specjalistyczną, sprawia, że grafenowy przyspieszeniomierz jest potencjalnym rozwiązaniem.

Z jakimi wyzwaniami zmagał się zespół projektu podczas tworzenia nowych przyspieszeniomierzy grafenowych?

Wytwarzalność (i powtarzalność) jest głównym wyzwaniem przy przechodzeniu ze skali laboratoryjnej na skalę produkcyjną.

Jakie są dotychczasowe najważniejsze osiągnięcia projektu?

Udowodniliśmy, że niewielka szczelina nie ulegnie załamaniu, nawet w powietrzu, co ma kluczowe znaczenie dla niezawodności. Złożyliśmy już podstawowy patent, a kolejne powiązane wnioski są właśnie opracowywane.

Co jeszcze pozostało do zrobienia przed końcem projektu?

Musimy zbudować więcej prototypów, które są odpowiednio upakowane, i zebrać więcej danych w laboratorium.

W jakiego rodzaju systemach do wykrywania można zastosować wyniki projektu?

Jednym z przykładów jest monitorowanie drgań maszyn — najbardziej rozpowszechniona metoda określania stanu technicznego urządzeń obrotowych. Jest to bardzo istotne pod względem bezpieczeństwa i inteligentnej konserwacji w nowoczesnych zakładach przemysłowych, zwłaszcza w erze internetu rzeczy.

Jak wygląda sytuacja pod względem potencjalnej komercjalizacji?

Trudno powiedzieć. Komercjalizacja trwa znacznie dłużej i wymaga innych środków niż zasoby, które mieliśmy do dyspozycji na potrzeby pracy badawczej w środowisku laboratoryjnym. Złożyliśmy jednak główny patent i zbieramy dodatkowe dane w terenie — jesteśmy zatem na dobrej drodze do osiągnięcia celu komercjalizacji.

PROJEKT

GraTA – Graphene Tunneling Accelerometer

KOORDYNOWANY PRZEZ

Uniwersytet Aalto, Finlandia

FINANSOWANIE W RAMACH

H2020

STRONA PROJEKTU

N/A



Zastosowanie technologii LbL do wytwarzania tlenku grafenu

W ramach finansowanego ze środków UE projektu wykazano, że tlenek grafenu może być łączony z innymi materiałami w celu produkcji polimerowych materiałów kompozytowych o dużej gęstości. To przełomowe odkrycie może pozwolić na zastosowanie grafenu m.in. w dziedzinie optoelektroniki i konwersji energii.

Grafen często jest przedstawiany jako supermateriał ze względu na jego niezwykłą wytrzymałość, małą grubość, przewodność i właściwości optyczne. Jego potencjał osiąga jednak zupełnie inny poziom w połączeniu z innymi materiałami o różnych właściwościach. Wytwarzanie takich materiałów hybrydowych pozwala na modyfikację właściwości grafenu. Zapewnia to badaczom nowe i ekscytujące perspektywy zastosowań, ale może również pozwolić na lepszą integrację grafenu w urządzeniach.

Właśnie dlatego dr Sergio Moya z instytutu CIC biomaGUNE (Centre for Cooperative Research in Biomaterials) uruchomił w marcu 2014 r. projekt HIGRAPHEN. Wykorzystując technologię nakładania warstwowego – prostą procedurę funkcjonalizacji powierzchni opartą na stopniowym odkładaniu przeciwnie naładowanych molekuł lub materiałów – pracował nad stworzeniem uniwersalnej, ogólnej procedury wytwarzania hybrydowych urządzeń opartych na połączeniu grafenu z materiałami polimerowymi, organicznymi i nieorganicznymi.

„Podstawą technologii nakładania warstwowego (LbL) jest oddziaływanie elektrostatyczne pomiędzy zmontowanymi komponentami”, wyjaśnia dr Moya. „Początkowo ta technika została opracowana na potrzeby montażu polielektrolitów, czyli polimerów z wieloma naładowanymi monomerami. Od tego czasu została jednak rozszerzona na wiele komponentów: filmy polielektrolitowe wytwarzane metodą LbL można łączyć z nanocząsteczkami, lipidami, komórkami, tlenkiem grafenu itd. Zapewnia ona prosty i skuteczny sposób projektowania połączeń faz, a jednocześnie pozwala uniknąć chemicznych oddziaływań kowalencyjnych. Technologia ta może



© BONNINSTUDIO Shutterstock

się sprawdzić w wielu zastosowaniach – od membran nano-filtracyjnych po urządzenia optoelektroniczne, inteligentne powłoki i dostarczanie leków”.



*Technologia ta
może się sprawdzić
w wielu
zastosowaniach
– od membran
nanofiltracyjnych po
urządzenia
optoelektroniczne,
inteligentne powłoki
i dostarczanie
leków.*

Zespół projektu chce pójść o krok dalej i skupić się w szczególności na połączeniu tlenku grafenu z nanocząsteczkami metali i tlenków metali, a także polielektrolitów, a przy tym rozważa potencjalne zastosowania w magazynowaniu energii i katalizie. Chociaż technika LbL jest powszechnie stosowana w dziedzinie inżynierii powierzchni i wytwarzaniu cienkich warstw, zespół projektu HIGRAPHEN wykazał się szczególną innowacyjnością, stosując technikę LbL do produkcji heterogenicznych elementów z tlenkiem grafenu.

Wspólnie ze swoim zespołem dr Moya przeprowadził najpierw syntezę różnych materiałów, takich jak kropki kwantowe selenku cynku (ZnSe), nanocząsteczki magnetyczne i polimery elektroaktywne, takie jak poliaminobenzyloamina (PABA), a następnie zintegrował je w warstwach wytworzonych techniką LbL z wieloma elementami, w tym tlenkiem grafenu. Następnie zespół projektu HIGRAPHEN zintegrował zespoły w makroskopowych powłokach antykorozyjnych i urządzeniach do zastosowań optoelektronicznych oraz do konwersji energii.

„Jednym z głównych wyzwań, przed jakimi stanęliśmy, było uzyskanie gęstego układu tlenku grafenu w połączeniu z polimerami. W rezultacie opracowaliśmy różne metody powlekania tlenku grafenu i łączenia go z nanocząsteczkami”, mówi dr Moya.

Generalnie najważniejszym rezultatem projektu jest wykazanie, że tlenek grafenu można wykorzystać do wytworzenia gęstego kompozytu polimerowego oraz że można go łatwo zintegrować z nanocząstkami metalu na potrzeby katalizy. Projekt HIGRAPHEN zostanie ukończony w marcu 2018 r., jednak, jak mówi dr Moya, partnerzy projektu, w oparciu o wyniki, już poszukują interesujących nowych kierunków badań w zakresie wytwarzania urządzeń i przeprowadzania katalizy.

PROJEKT

HIGRAPHEN – Hierarchical Functionalization of Graphene for Multiple device fabrication

KOORDYNOWANY PRZEZ

Center for Cooperative Research in Biomaterials (CIC biomaGUNE), Hiszpania

FINANSOWANIE W RAMACH

FP7-PEOPLE

STRONA PROJEKTU

personal.cicbiomagune.es/smoya/higraphen/index.html



Wzmacniane grafenem polimery gotowe do komercjalizacji

Po czterech latach prac zidentyfikowano najbardziej odpowiednie materiały i techniki produkcji powłok, klejów i kompozytów na bazie grafenu. Gdy rynek grafenu osiągnie dojrzałość, te nowe produkty mogą znaleźć zastosowanie w wielu różnych branżach.



wieli 14 partnerów, w tym małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), firm, uniwersytetów i ośrodka badawczego, było wytwarzanie termoutwardzalnych polimerów wzmocnionych grafenem na skalę przemysłową.

„Badaliśmy różne możliwości poprawy właściwości termomechanicznych i elektrycznych powłok, dodatków i materiałów kompozytowych”, wyjaśnia Maria Konstantakopoulou, inżynier ds. rozwoju w spółce koordynującej projekt, Coventive Composites. Po określeniu docelowych wartości zespół wybrał odpowiednie polimery, opracował zakres klas grafitów i grafenów oraz zidentyfikował odpowiednie techniki eksfoliacji i dyspersji, które ostatecznie umożliwiłyby zwiększenie skali produkcji przy jednoczesnym zagwarantowaniu, że grafen będzie dobrze rozproszony w produkcie końcowym.

Jak wyjaśnia Ben Hargreaves, koordynator projektu POLYGRAPH, chodziło o wytwarzanie „na skalę, która byłaby osiągalna dla innych firm, co pozwoliłoby im na rozważenie integracji naszego rozwiązania w ich obecnych lub przyszłych produktach”. Przeszkodą we wprowadzeniu tej koncepcji na rynek są trudności w przetwarzaniu materiałów kompozytowych na dużą skalę. Partnerzy projektu zdołali wytworzyć aż 100 kg grafitu i 25 kg grafenu na partię, otwierając w ten sposób nowe horyzonty.

Konsorcjum projektu wyprodukowało wiele różnych materiałów kompozytowych, które następnie zostały poddane ocenie pod kątem przewodności

Ceny grafenu są nadal na tyle wysokie, aby zniechęcić do wprowadzania go na dużą skalę w produktach komercyjnych. Nie przeszkadza to jednak naukowcom z całej Europy w opracowywaniu materiałów i technik produkcji, które mogą wzbudzić zainteresowanie przemysłu, ponieważ większe partie grafenu stają się dostępne po niższych kosztach.

Jednym z takich pionierskich przedsięwzięć jest projekt POLYGRAPH (Up-Scaled Production of Graphene Reinforced Thermosetting Polymers for Composite, Coating and Adhesive Applications). Celem zespołu projektu, złożonego z przedsta-


Badaliśmy różne możliwości poprawy właściwości termomechanicznych i elektrycznych powłok, dodatków i materiałów kompozytowych.

elektrycznej i właściwości mechanicznych. Najbardziej obiecujące powłoki, kleje i kompozyty wykorzystano do produkcji części demonstracyjnych: odpowiednio, elementu konstrukcyjnego statku powietrznego, powlekanego elementu radia/owiewki dla branży lotniczej oraz tylnego panelu tylnego siedzenia samochodu. Uzyskane korzyści obejmują poprawę właściwości strukturalnych, redukcję wagi, zwiększenie estetyki oraz poprawę właściwości elektrycznych i ognioodporności.

„Jedną z głównych zalet materiałów kompozytowych wzmocnionych grafenem, które wytworzono w ramach prowadzonych prac badawczo-rozwojowych, są ich właściwości elektryczne umożliwiające ich zastosowanie do ekranowania zakłóceń elektromagnetycznych (ang. electromagnetic interference, EMI) lub odładowania turbin wiatrowych”, podkreśla Konstantakopoulou.

Oczekiwanie na odpowiednią okazję

Gary Foster, który pełnił funkcję kierownika projektu POLYGRAPH, dodaje, że perspektywy komercjalizacji są bardzo różne w przypadku każdego z tych trzech materiałów. „Jeżeli chodzi o powłoki, partner projektu firma HMG Paints może praktycznie od razu rozpocząć produkcję, ponieważ to, co opracowaliśmy, nie jest zbyt odległe od produktów, które sprzedaje obecnie. Rynek klejów jest natomiast bardziej wrażliwy na ceny. Nie oznacza to, że nasi partnerzy nie będą używać tych materiałów. Czekają na odpowiedni moment, w którym konsumenci będą chcieli zakupić ten produkt”.

Trzeci produkt, wstępnie impregnowane włókno kompozytowe, nazywane pre-preg, był szczególnie ważny dla firmy Coventive Composites. Jak podkreśla Hargreaves: „Wytwarzanie włókna pre-preg pierwotnie nie stanowiło tak istotnego punktu planu projektu. Testowaliśmy także inne techniki produkcji, takie jak

infuzja, jednak pierwsze wyniki prac jasno pokazały, że pre-preg będzie optymalną techniką”. Obaj z Fosterem zgadzają się, że firma powinna teraz skoncentrować się na szukaniu odpowiedniego niszowego rynku dla tego kompozytu, a przyszłe działania powinny skupiać się na określeniu potrzeb potencjalnych klientów oraz zidentyfikowaniu możliwości udoskonalenia produktu, tak aby spełniał ich oczekiwania.

Do tego czasu zespół będzie zajmował się ewolucją grafenu. „Konieczny jest pewien stopień uogólnienia”, wyjaśnia Foster. „Przykładowo, aby nasz produkt mógł zostać zastosowany w sektorze lotniczym, klienci będą potrzebować pewnych podstawowych danych od producentów grafenu, których obecnie nie są oni w stanie dostarczyć. Są to przeszkody, których nie jesteśmy w stanie pokonać po naszej stronie”.

Mając to na uwadze, konsorcjum POLYGRAPH ściśle współpracowało z zespołem projektu Graphene Flagship, tworząc powiązanie między światem nauki a przemysłem, aby badania tego pierwszego lepiej odpowiadały potrzebom tego drugiego. Ostatecznie pozwoliłoby to firmie Coventive Composites wprowadzić na rynek innowacyjne rozwiązania do ekranowania EMI lub odładowania łopat turbin wiatrowych.

PROJEKT

PolyGraph - Up-Scaled Production of Graphene Reinforced Thermosetting Polymers for Composite, Coating and Adhesive Applications

KOORDYNOWANY PRZEZ

NetComposites Limited, Zjednoczone Królestwo

FINANSOWANIE W RAMACH

FP7-NMP

STRONA PROJEKTU

polygraphproject.eu



CORDIS Results Pack

Broszura dostępna online w 6 wersjach językowych: cordis.europa.eu/article/id/401207

Opublikowano

na zlecenie Komisji Europejskiej przez CORDIS:
Urząd Publikacji Unii Europejskiej
rue Mercier 2
L-2985 Luksemburg
LUKSEMBURG

cordis@publications.europa.eu

Koordinacja wydawnicza

Zsófia TÓTH, Silvia FEKETOVÁ

Zastrzeżenie prawne

Udostępnione online informacje o projektach oraz odnośniki opublikowane w bieżącym wydaniu broszury CORDIS Results Pack są poprawne w momencie przekazania publikacji do druku. Urząd Publikacji nie ponosi odpowiedzialności za nieaktualne informacje ani strony internetowe, które nie są już aktywne. Urząd Publikacji ani żadna osoba działająca w jego imieniu nie odpowiada za ewentualny sposób wykorzystania informacji zawartych w niniejszej publikacji ani za jakiegokolwiek błędy, które mogą pozostawać w tekstach pomimo staranności, z jaką są przygotowywane.

Technologie przedstawione w niniejszej publikacji mogą być objęte prawami własności intelektualnej.

Niniejsza broszura Results Pack jest wynikiem współpracy pomiędzy CORDIS i Dyрекcją Generalną ds. Sieci Komunikacyjnych, Treści i Technologii (DG CONNECT)

Printed by the Publications Office in Luxembourg

PRINT	ISBN 978-92-78-41900-4	doi:10.2830/302871	ZZ-AK-18-005-PL-C
PDF	ISBN 978-92-78-41904-2	doi:10.2830/9460	ZZ-AK-18-005-PL-N

Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2019
© Unia Europejska, 2019

Ponowne wykorzystanie jest dozwolone pod warunkiem podania źródła.

Zasady ponownego wykorzystywania dokumentów Komisji Europejskiej określono w decyzji 2011/833/UE (Dz.U. L 330 z 14.12.2011, s. 39).

W przypadku wykorzystywania lub powielania zdjęć lub innych materiałów, które nie są objęte prawami autorskimi UE, należy zwrócić się o pozwolenie bezpośrednio do właścicieli praw autorskich.

Zdjęcie na okładce: © Kid A, Shutterstock

NOWA BROSZURA CORDIS RESULTS PACK NA TEMAT INNOWACJI W DZIEDZINIE WODY

Prezentujemy najnowsze wydanie broszury Results Pack na temat innowacji w dziedzinie wody. Przedstawiamy w niej 10 finansowanych przez UE projektów, w ramach których opracowano innowacyjne rozwiązania technologiczne mające zapewnić długoterminowe i zrównoważone bezpieczeństwo zaopatrzenia Europy w wodę.



Broszura jest dostępna
pod adresem:
cordis.europa.eu/article/id/401167

