

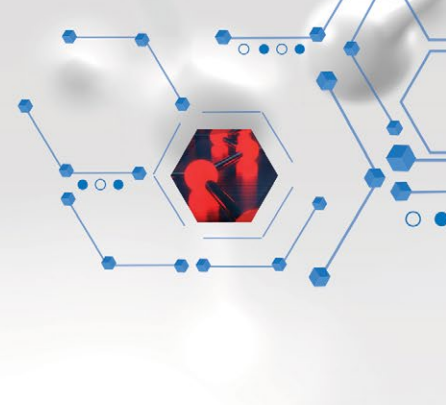
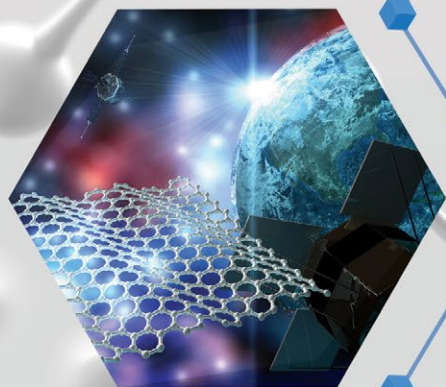


CORDIS Results Pack zu Graphen

Eine themenspezifische Sammlung EU-finanzierter Forschungs- und Innovationsergebnisse

Januar 2019

Graphen- und 2D-Materialien ebnen den Weg für innovative Anwendungen



Forschung
und Innovation

Inhalt

3

Europäische Investitionen in Graphen

5

Vielseitigkeit von Graphen erstreckt sich auf Weltraumanwendungen

7

Die spektakuläre Leistung von Graphen in der optischen Hochgeschwindigkeitskommunikation

9

Nächster Schritt in der Graphen-Massenproduktion

11

Neuartige graphenbasierte Materialien

13

Graphen ermöglicht niedrigdimensionale Spintronik bei Raumtemperatur

15

Fortschritte in der Biomedizin durch Verwendung von Graphen

17

Graphen-Quantenpunktdetektoren für tragbare Gesundheitssysteme der nächsten Generation

19

Verwendung von Graphen als aufgeladene Lupe

21

Graphen-Nutzung für optimale Tunneleffekt-Beschleunigungssensoren

23

Anwendung der Substrat-schichtungstechnik auf Graphenoxid

25

Graphen-verstärkte Polymere marktbereit

Editorial

Graphen ist ein zweidimensionaler atomarer Kristall, der aus Kohlenstoffatomen besteht, die in einem hexagonalen Gitter angeordnet sind. Mit einer Dicke von einem Atom ist Graphen der dünnste bekannte Stoff, der stärkste bislang entdeckte Stoff (zwischen 100- und 300-mal stärker als Stahl), das leichteste bislang bekannte Material (ein Quadratmeter wiegt nur rund 0,77 Milligramm) und zudem äußerst elastisch.

Ein Material der Zukunft

In diesem CORDIS Results Pack werden zwölf Artikel zu sechs ambitionierten, bahnbrechenden EU-Forschungsprojekten unter den EU-Forschungsprogrammen RP7 und Horizon 2020 vorgestellt, die für Graphen- und 2D-Materialien relevant sind. Sieben Artikel sind verschiedenen Aspekten der Initiative Graphene Flagship gewidmet.

Graphene Flagship ist die größte Forschungsinitiative der EU und mit einem Budget von 1 Mrd. EUR ausgestattet. Das Vorhaben stellt hierdurch eine neue Form gemeinsam koordinierter Forschung in einem nie zuvor da gewesenen Ausmaß dar. Über ein aus akademischen und industriellen Partnern bestehendes Konsortium deckt die Forschungsmaßnahme die gesamte Wertschöpfungskette von der Materialherstellung bis zur Komponenten- und Systemintegration ab, um die einzigartigen Eigenschaften von Graphen nutzbar zu machen.

In einer Einführung in Graphen wird die Arbeit skizziert, die im Zuge der Flagship-Initiative durchgeführt wird, darunter die Zusammenarbeit mit der Europäischen Weltraumorganisation hinsichtlich der Verwendung von Graphen für Anwendungen im Weltraum, z. B. als Lichtantrieb und im Wärmemanagement. Forscher verwendeten zudem optoelektronische Kommunikationssysteme für die schnelle zukünftige Datenbereitstellung. Die groß angelegte Herstellung von Graphen für Anwendungen auf dem kommerziellen Markt umfasste die Ausweitung der Herstellung auf einen industriellen Maßstab, während die Konsistenz, hohe Qualität und Kosteneffizienz erhalten bleiben.

Wissenschaftler untersuchten die Anwendung von Graphen und graphenverwandten Materialien in der chemischen Verarbeitung und im funktionellen Bereich für die Herstellung neuer Molekularstrukturen mit einzigartigen Eigenschaften. Durch Graphenspintronik wurden Elektronenladungen und Spins bei Raumtemperatur genutzt, um neue Möglichkeiten für die Informationsverarbeitung und -speicherung zu schaffen. Im Zuge der Flagship-Initiative wurde letztlich die Verwendung von Graphen für biomedizinische Anwendungen untersucht, um innovative medizinische Produkte und Sensoren für die Detektion, die Behandlung und das Management von Erkrankungen des Nervensystems zu entwickeln.

Die europäische Graphenforschung findet nicht ausschließlich unter der Flagship-Initiative statt, und Forscher nutzen andere EU-Finanzierungsmechanismen zur Durchführung weiterer Projekte. Über GRAPHEALTH wurde die nächste Generation tragbarer Sensoren entwickelt, während bei GRASP Wechselwirkungen zwischen Graphen und Licht auf die Quanteninformatik und Biomedizin angewandt wurden. GraTA entwickelte Tunnelbeschleunigungsmesser zur Verwendung in der Überwachung von Maschinenschwingungen. HIGRAPHEN erstellte dichte Polymerverbundstoffe zur Verwendung im Bereich von Optoelektronik und Energiespeicherung. Projekt PolyGraph, das eng mit Graphene Flagship zusammenarbeitete, studierte graphenverstärkte Polymere zur Verwendung im Luftfahrt- und Automobilsektor.

Europäische Investitionen in Graphen

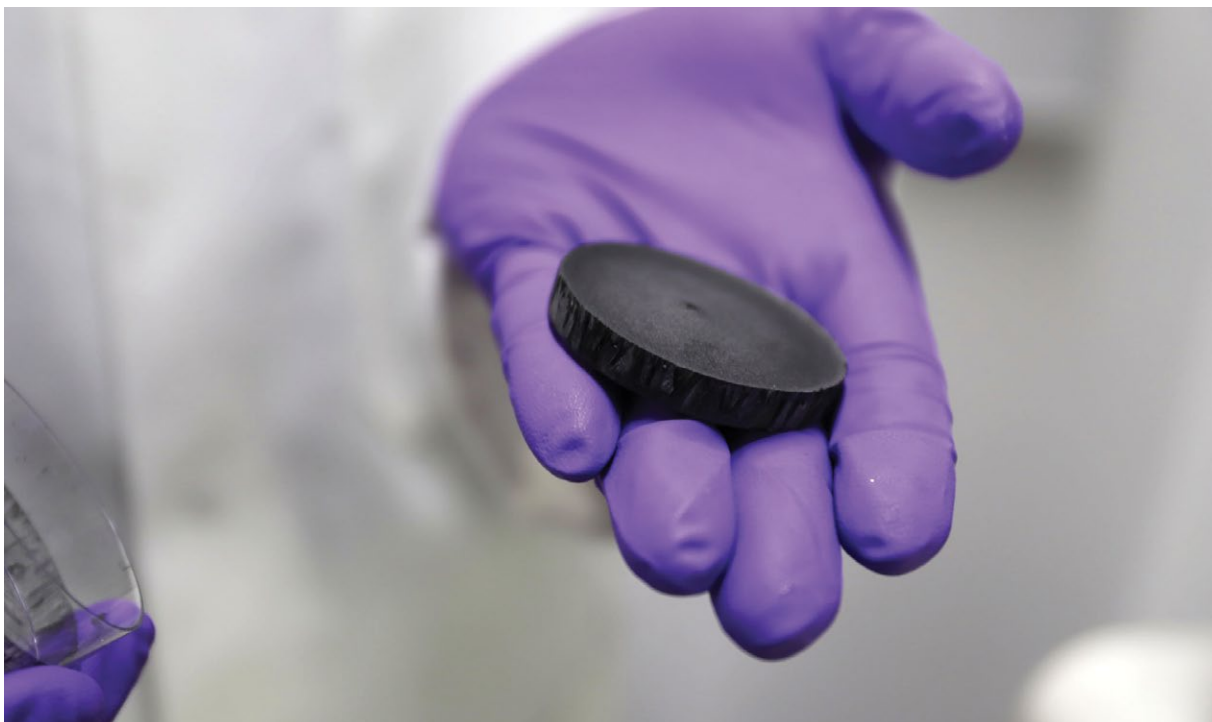
Das weltweit erste zweidimensionale Material Graphen besitzt einzigartige und herausragende Eigenschaften. Im Rahmen einer großen EU-finanzierten Initiative wurde das Material für die Anwendung in einer Vielzahl neuer Technologien entwickelt.

Graphen ist ein bekanntes Material: das „Blei“ in Bleistiften ist tatsächlich Graphit, das aus vielen aufeinander gestapelten Graphenschichten besteht. Nachdem eine einzelne Atomschicht erstmals im Jahr 2004 durch Andre Geim und Konstantin Novoselov an der Universität Manchester isoliert worden war, entdeckten Wissenschaftler, dass individuelle Graphenschichten außergewöhnliche Eigenschaften aufweisen. Zu diesen Eigenschaften zählt die höchste thermische Leitfähigkeit aller bekannten Materialien sowie eine überaus hohe Festigkeit und elektrische Leitfähigkeit. Ferner ist Graphen undurchlässig, transparent und elastisch, und Kombinationen dieser Eigenschaften können auf viele verschiedene Bereiche angewandt werden.

Das Ziel der EU-finanzierten Initiative Graphene Flagship ist es, Graphen und verwandte Materialien in Form interessanter und vielseitiger neuer Produkte aus dem Labor in die Gesellschaft zu bringen. Die Flagship-Initiative zielt darauf ab, durch die Schaffung neuer Beschäftigungsmöglichkeiten zum Wirtschaftswachstum Europas beizutragen.

Erhebliche Investitionen

Es handelt sich dabei um die größte Forschungsinitiative der EU; mit einer Dauer von zehn Jahren und einem Budget von





Die Forschungsmaßnahmen betreffen die gesamte Wertschöpfungskette von der Materialherstellung bis zu Komponententechnologien sowie Systemintegration von der Elektronik oder Optoelektronik bis zu Verbundmaterialien, Batterien und Beschichtungen.

1 Mrd. EUR stellt das Vorhaben eine neue Form gemeinsam koordinierter Forschung in einem nie zuvor dagewesenen Ausmaß dar. Die Initiative mit mehr als 150 Forschungsgruppen aus 23 Ländern, an der die Wissenschaft, Forschungsinstitute und die Industrie beteiligt sind, wird gemeinsam von der Europäischen Kommission, den Mitgliedstaaten und assoziierten Ländern finanziert. „Die Forschungsmaßnahmen betreffen die gesamte Wertschöpfungskette von der Materialherstellung bis zu Komponententechnologien sowie Systemintegration von der Elektronik oder Optoelektronik bis zu Verbundmaterialien, Batterien und Beschichtungen“, bemerkt Dr. Jari Kinaret, Direktor von Graphene Flagship.

In der aktuellen Phase des Flagship-Programms (namens Core2), die zwischen 2018 und 2020 läuft, werden sechs Pionierprojekte durchgeführt. Diese Projekte sind auf ein breites Spektrum von Anwendungsbereichen fokussiert, zielen jedoch allesamt auf neue oder verbesserte Produkte mit Graphen

und verwandten Materialien ab. Der Schritt in Richtung eines höheren Technologiereifegrads ist offenkundig, nachdem Partnerorganisationen auf der Grundlage ihrer Arbeit sechs Spin-off-Unternehmen ins Leben gerufen haben, die durch Risikokapitalfonds in einem Wert von mehr als 20 Mio. EUR gesichert sind.

„Es ist ziemlich diffizil, unter den einzelnen Ergebnissen die Highlights auszuwählen“, sagt Dr. Kinaret. „Ich möchte jedoch auf extrem schnelle Kommunikationssysteme wie zum Beispiel sehr schnelle Photodetektoren und einen optischen Schalter für 5G-Kommunikationssysteme hinweisen.“ Zu weiteren Beispielen zählt eine Kombination unterschiedlicher nach oben skalierbarer Technologien für die Herstellung von Graphenflocken durch Elektrochemie oder Exfoliation, die bereits kommerzialisiert worden sind.

Große Vorteile

Die Initiative fördert auch die Nachhaltigkeit, da Forscher an mehreren Technologien in Verbindung mit erneuerbarer Energie arbeiten. „Wir entwickeln zum Beispiel einen Solarpark in Kreta und Energiespeicherungstechnologien, die von zentraler Bedeutung für die Elektromobilität sind“, erklärt Dr. Kinaret. „Allgemein reduzieren viele der Technologien, an denen wir arbeiten, den Energieverbrauch, da die Herstellung leichter Fahrzeuge und Flugzeuge ermöglicht wird. Des Weiteren entwickeln wir ein breites Spektrum von Sensoren für die Anwendung in den Bereichen Umwelt und Medizin.“

Die einzigartigen Eigenschaften von Graphen hinsichtlich Wärme und Festigkeit sorgen dafür, dass es ideal zur Verbesserung der Leistung von Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt und von Satelliten geeignet ist. In Kombination mit Verbundstoffen oder Kunststoffen zeigt Graphen eine herausragende Leistung in Sachen Gesamtfestigkeit, Materialfestigkeit und Wärmeleitfähigkeit. Graphen ist zudem in neuen Diagnose- und Behandlungsanwendungen wie zum Beispiel der Medikamentenverabreichung und Biosensoren von Nutzen.

Europa ist jetzt ein wichtiger Akteur in der Graphenrevolution. „Indem Graphen aus dem Bereich der wissenschaftlichen Labore in die Gesellschaft gebracht wird, zielt Graphene Flagship auf die Schaffung von Wirtschaftswachstum, neuer Arbeitsplätze und neuer Chancen für europäische Investoren und Arbeitnehmer ab“, schlussfolgert Dr. Kinaret

PROJEKT

Graphene Flagship

KOORDINIERT DURCH

Chalmers University of Technology, Schweden

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

graphene-flagship.eu



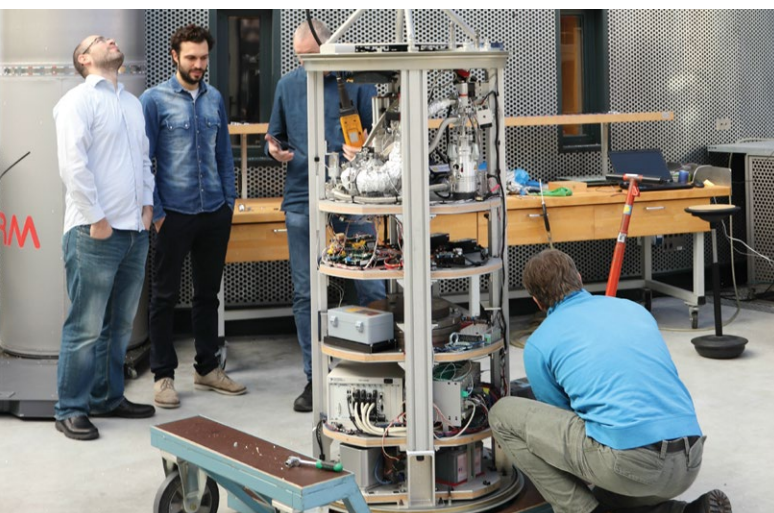
Vielseitigkeit von Graphen erstreckt sich auf Weltraumanwendungen

Im Zuge einer ausgeklügelten Reihe von Experimenten haben europäische Teams erstmals Graphen unter Mikrogravitationsbedingungen getestet. Die spannenden Ergebnisse stellen eine wertvolle Grundlage für die Entwicklung von Graphenvorrichtungen dar, die auf eine Verwendung im Weltraum ausgelegt sind.

Graphen weist einzigartige mechanische, elektrische und thermische Eigenschaften auf, die Forscher dazu inspiriert haben, die Nützlichkeit dieses zweidimensionalen Gitters aus reinem Kohlenstoff zu untersuchen.

Forscher und Studenten der Forschungsinitiative Graphene Flagship haben in Zusammenarbeit mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) festgestellt, dass das Material zusätzliches Potenzial für die Verwendung in Weltraumanwendungen aufweist, unter anderem als Lichtantrieb und zur Wärmekontrolle. Die Ergebnisse, die aus dieser gut abgestimmten Synergie hervorgehen, markieren den ersten Schritt in der Erweiterung der Grenzen der Graphenforschung.

© Graphene Flagship



Weltraumsegeln mit Graphen

Breakthrough Starshot ist ein Projekt des Forschungsprogramms Breakthrough Initiatives im Bereich Forschung und Technik, das auf die Entwicklung einer Konzeptnachweis-Flotte von Beisegel-Weltraumfahrzeugen abzielt, die das Sternsystem Alpha Centauri innerhalb von 20 Jahren nach dem Start erreichen werden.

Ein „Graphene Flagship“-Team von Doktoranden der Technischen Universität Delft in den Niederlanden, die sich an dem Programm [ESA Education's Drop Your Thesis!](#) beteiligte, unternahm einen ersten Schritt in Richtung dieses ambitionierten Ziels. Das Programm bot den Doktoranden die Chance, ein Experiment zur Mikrogravitation am Fallturm des Zentrums für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) in Bremen durchzuführen, um das Potential von Graphen als Sonnensegelmateriale für den Antrieb eines Weltraumfahrzeugs zu testen.

Zur Herstellung von Mikrogravitationsbedingungen wurde eine Kapsel, die Kameras, Laser und Graphen beinhaltet, von dem 150 Meter hohen Turm fallen gelassen, was 4,5 Sekunden lang zu Schwerelosigkeit führte. Der Strahlungsdruck von dem leistungsstarken Laserlicht, das auf die Graphenmembran strahlte, führte dazu, dass sich das Segel bewegte. Das Team maß die Verschiebung mit einem Mikroskop, um den Schub auf die Graphensegel zu bestimmen.

„Bei einem effektiven Antrieb muss das Lichtsegel eine große Oberfläche haben und so leicht wie möglich sein. Graphen erfüllt diese Anforderungen, da es sehr leicht und stark ist, und auf



Die Experimente zeigten, dass Graphen den Kapillardruck des Fluids in dem metallischen Büschelentlader um 40 % und die Verdunstungsrate um 800 % verbesserte.

eine große Fläche ausgedehnt werden kann“, bemerkt Prof. Andrea Ferrari (Universität Cambridge (Vereinigtes Königreich)), Verantwortlicher für Wissenschaft und Technik von Graphene Flagship.

Graphen verteilt Wärme

Forscher von „Graphene Flagship“-Partnerinstitutionen – die freie Universität Brüssel (ULB) (Belgien), die Universität Cambridge (Vereinigtes Königreich), das Bologna-Institut des italienischen nationalen Forschungsrats (CNR) (Italien) und Leonardo (Italien) – entwickelten ein Experiment, um zu prüfen, inwiefern Graphen-basierte Beschichtungen unter Nutzung der einzigartigen thermischen Eigenschaften des Materials die Effizienz von Satellitenkühlsystemen verbessern könnten.

Prof. Ferrari erklärt: „Graphen wird in sogenannten Wärmerohren verwendet, dies sind Pumpen, die Fluide transportieren, ohne dass mechanische Teile erforderlich sind. Dies ist für Weltraumeinsätze überaus wichtig, da ohne Verschleiß und Abnutzung kein Wartungsbedarf besteht. Wärmerohre können zum Beispiel Wärme von heißen Elektroniksystemen in Satelliten in den Weltraum hinaus transportieren.“

Das Material wurde an Bord eines Schwerelosigkeitsflugzeugs von Novespace für Parabelflüge gebracht, auf dem bei einem

Durchgang Mikrogravitationsbedingungen für Intervalle von etwa 24 Sekunden hergestellt werden. Das Team führte sechs Flüge mit jeweils 31 Parabelbögen durch, was insgesamt einer Stunde in Schwerelosigkeit entspricht.

„Das Graphen an Bord hielt der Umgebung stand und zeigte eine gute Leistung. Die Experimente zeigten, dass Graphen den Kapillardruck des Fluids in dem metallischen Büschelentlader um 40 % und die Verdunstungsrate um 800 % verbesserte“ bemerkt Prof. Ferrari.

Beide Experimente erwiesen sich als Vorzeigebispiel für das vielseitige Potential von Graphen, dessen Einsatzmöglichkeiten jetzt erweitert wurden, da die Nützlichkeit des Materials im Weltraum unter Beweis gestellt worden ist. Auf der Grundlage der ermutigenden Ergebnisse werden im Rahmen der Flagship-Initiative weitere Graphenvorrichtungen zur Anwendung unter realen Weltraumbedingungen entwickelt und optimiert.

PROJEKT

Graphene Flagship

BEFRAGTE EINRICHTUNG

University of Cambridge, Vereinigtes Königreich

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

graphene-flagship.eu



Die spektakuläre Leistung von Graphen in der optischen Hochgeschwindigkeits- kommunikation

Die Integration von Graphenschichten in die Siliziumphotonik könnte die Grundlage für die Datenkommunikation der nächsten Generation bilden. Forscher der „Graphene Flagship“-Initiative haben die Technologie der Anwendung einen Schritt näher gebracht, da die weltweit erste graphenbasierte Hochgeschwindigkeitsdatenkommunikation mit einer Datengeschwindigkeit von 50 Gb/s demonstriert wurde.

Das Programm Graphene Flagship zielt darauf ab, als Katalysator für die Entwicklung bahnbrechender Anwendungen zu fungieren, indem Akademie und Industrie zusammengeführt werden, damit dieses vielseitige Material innerhalb von zehn Jahren in die Gesellschaft gebracht werden kann. Wie wichtig die Integration von Graphen in die Siliziumphotonik ist, wurde angesichts der gemeinsamen Ergebnisse offenbar, die über die Zusammenarbeit zwischen den Flagship-Partnern AMO GmbH (Deutschland), dem nationalen interuniversitären Konsortium für Telekommunikation (CNIT) (Italien), Ericsson (Schweden), der Universität Gent (Belgien), dem Institut für Photonikwissenschaften (ICFO) (Spanien), dem IMEC (Belgien), Nokia (Deutschland und Italien), der Technischen Universität Wien (TU Wien) (Österreich) und der Universität Cambridge (Vereinigtes Königreich) gewonnen wurden.



*Graphenbasierte
Photonikkom-
ponenten, die hohe
Geschwin-
digkeiten und hohe
Raten beim
Datenstreaming
ermöglichen, sind
für die Datenüber-
mittlung der
nächsten
Generation von
entscheidender
Bedeutung.*

Einzelchip-Wunder

Silizium wurde allenthalben als Material angepriesen, das im Bereich der Photonik für die monolithische Integration geeignet ist. Eine Steigerung der Geschwindigkeit und Reduktion von Energie- und Platzverbrauch wichtiger Komponenten in der Siliziumphotoniktechnologie wurde jedoch bis dato in keinem Einzelchip erreicht. Graphen allerdings – mit seinen Fähigkeiten zu Signalemission, -modulation und -detektion – könnte die nächste bahnbrechende Technologie sein, um genau das zu erreichen.

„Graphen bietet eine Komplettlösung für optoelektronische Technologien“, bemerkt Daniel Neumaier von der AMO GmbH, welche die „Graphene

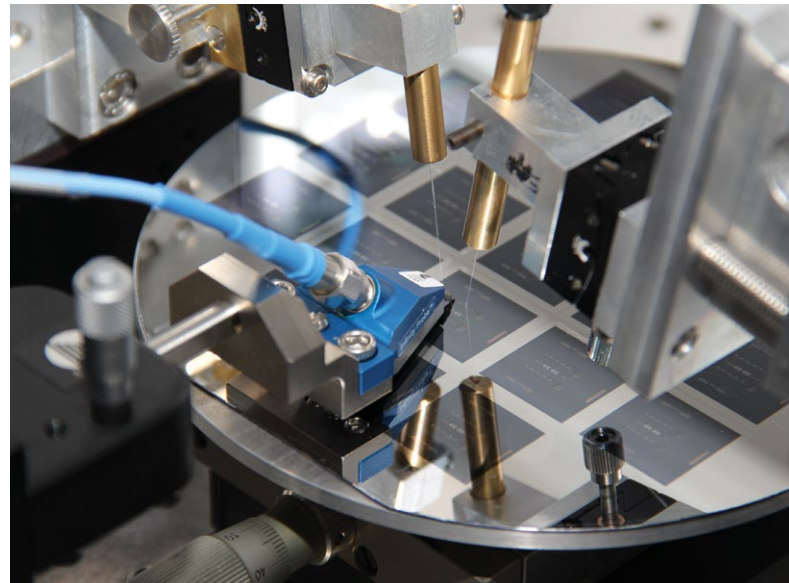
Flagship“-Abteilung für die Elektronik- und Photonikintegration leitet. Die feineinstellbaren optischen Eigenschaften, die hohe elektrische Mobilität, der spektrale Breitbandbetrieb und die Kompatibilität mit Siliziumphotonik ermöglichen eine monolithische Integration von Phasen- und Absorptionsmodulatoren, Schaltern und Photodetektoren. Die Integration in einen Einzelchip kann die Geräteleistung verbessern sowie Platzverbrauch und Herstellungskosten erheblich reduzieren.

Es kommt nicht nur auf das Silizium an

Lichtmodulation und -detektion sind wichtige Vorgänge in integrierten photonischen Schaltungen. In Ermangelung einer Bandlücke ermöglicht Graphen die Breitband-Lichtdetektion mit einem einzigen Material, das Licht einheitlich über ein breites Spektrum im sichtbaren und Infrarotspektrum absorbiert. Das 2D-Material zeigt zudem Elektroabsorptions- und Elektrorefraktionseffekte, die für eine ultraschnelle Modulation genutzt werden können.

Anstatt sich auf die kostenintensive SOI-Wafertechnologie (Silizium auf einem Isolator) zu verlassen, die im Bereich der Siliziumphotonik weitläufig Anwendung findet, schlugen die „Graphen Flagship“-Forscher eine praktischere Konfiguration vor. Diese bestand aus einer einzelnen Schicht Graphen und einem Kondensator, der sich aus einem einschichtigen Graphen-Isolator und einschichtigen Graphen-Stapel auf einem passiven Wellenleiter zusammensetzt. „Diese Anordnung unterstützt mehrere Vorteile im Vergleich zu Siliziumphotonikmodulatoren“, erklärt Neumaier. Die Modulatorherstellung sei zudem nicht von dem Wellenleitermaterial oder von den Modulationsmechanismen für die Elektroabsorption und Elektrorefraktion abhängig. Darüber hinaus hebt der Austausch von Photodetektoren mit Germanium durch einschichtiges Graphen den Bedarf für relativ kostspielige Module für die Germanium-Epitaxie und das dazugehörige spezielle Dotierungsverfahren auf.

Siliziumnitrid (SiN) erwies sich als gutes Substrat für die Graphensynthesierung, und ermöglichte eine hohe Trägermobilität, Transparenz über den sichtbaren und Infrarotregionen sowie ideale Kompatibilität mit Silizium und ergänzenden Metalloxid-Halbleiter-Technologien (CMOS). Als passive Wellenleiter-Plattform vereinfacht SiN die Laserintegration und Glasfaserkopplung an den Wellenleiter, sodass die Konstruktion von Miniaturkomponenten ermöglicht wird.



Eine strahlende Zukunft für die graphenbasierte Photoelektronik

Beim Erschließen des Potentials von Graphen demonstrierten die Forscher erfolgreich die Datenkommunikation mit photonischen Graphenkomponenten bis zu einer Datengeschwindigkeit von 50 Gb/s. Ein graphenbasierter Modulator verarbeitete die Daten auf der Senderseite des Netzes, wobei ein elektronischer Datenstrom in ein optisches Signal kodiert wurde. Auf der Empfängerseite wandelte ein graphenbasierter Photodetektor die optische Modulation in ein elektrisches Signal um. „Diese Ergebnisse sind ein aussichtsreicher Start für die Verwendung graphenbasierter Photonikkomponenten in der Datenkommunikation der nächsten Generation“, lautet das Fazit von Neumaier.

PROJEKT

Graphene Flagship

BEFRAGTE EINRICHTUNG

AMO GmbH, Deutschland

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

graphene-flagship.eu

Nächster Schritt in der Graphen- Massenproduktion

Die einzigartige Kombination der Eigenschaften von Graphen ebnen den Weg für eine Vielzahl von Anwendungen, die von der Energiegewinnung und Elektronik bis hin zu biomedizinischen Geräten und Flugzeugen reichen. Um diesem ansteigenden Bedarf gerecht zu werden, müssen Forscher die Graphenproduktion auf einen industriellen Maßstab vergrößern.

Traditionell findet die Graphenproduktion durch die Verwendung von Methoden für die Graphitverarbeitung oder chemische Dampfabscheidung statt, die jeweils in unterschiedlichen Materialeigenschaften und -beschaffenheiten resultieren. Obgleich die chemische Dampfabscheidung ein skalierbares Verfahren ist, wird dabei lediglich einschichtiges, qualitativ hochwertiges Graphen erzeugt, das für Halbleiteranwendungen geeignet ist.

Die Initiative „Production Work Package“ von Graphene Flagship unter der Leitung von Dr. Alex Jouvray von [Aixtron Ltd](#) im Vereinigten Königreich ist auf die Graphen-Massenproduktion für Anwendungen auf dem kommerziellen Markt fokussiert. Die Idee ist es, die Herstellungsprozesse der chemischen Dampfabscheidung nach oben zu skalieren und Graphen kosteneffektiv massenweise im industriellen

Maßstab zu produzieren, während die Konsistenz und hohe Qualität erhalten bleiben.

„Unser oberstes Ziel ist die Einrichtung einer industriellen Graphen-Lieferkette in Europa, über die die verschiedenen Graphen-Anwendungen unterstützt werden können“, erklärt Dr. Jouvray. Zu den Partnern des Work Package zählen unter anderem ein Hersteller von Industrierausrüstung (Aixtron Ltd), kommerzielle Graphenproduzenten (Avanzare Innovacion Tecnologica SL, Graphenea SA und Grupo Antolin-Ingenieria SA) sowie Graphenendbenutzer wie zum Beispiel Airbus Operations SL und Aernnova.

Produktionsmethoden

Bei Methoden für die Graphenverarbeitung wie zum Beispiel Exfoliation, Ultraschall-desintegration und Plasmabehandlung wird das Graphit in kontrollierter Weise so aufgebrochen, dass Graphenfloccen entstehen. Mit der Exfoliationsmethode können Graphenfloccen von sehr hoher Qualität gewonnen werden, diese ist jedoch nicht skalierbar. Bei der Plasmabehandlung und Ultraschall-desintegration wiederum können sehr große Mengen Graphenoxid, reduziertes Graphenoxid und Graphen-Nanoplättchen produziert werden, die als Zusatzstoffe für Kunststoff dienen oder die in glasfaserverstärkte Polymere bzw. in Beton integriert werden, um dem Material Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit zu geben. Darüber hinaus eignen sich diese graphenverwandten Materialien für Beschichtungen und Druckanwendungen.

Forscher haben neben einer Plattierungstechnik, bei der qualitativ hochwertiges Graphen auf großflächige Substrate übertragen wird, erfolgreich eine Methodik für die großflächige Ablagerung von Graphen auf Folie entwickelt. Überdies hat Avanzare die Graphen-Produktion auf mehrere Tonnen pro Jahr gesteigert und fungiert als Lieferant für andere „Graphene Flagship“-Partner.


Unser oberstes Ziel ist die Einrichtung einer industriellen Graphen-Lieferkette in Europa, über die die verschiedenen Graphen-Anwendungen unterstützt werden können.



Neuartige graphenbasierte Produkte

Abgesehen von der Graphenproduktion und den Ablagerungssystemen wurde viel Arbeit darin investiert, dass die graphenbasierten Produkte für reale Umgebungen qualifiziert sind. Eine Reihe von Produkten, die Graphen enthalten, wurde auf den Markt gebracht, darunter beispielsweise Tennisschläger, Auto-dachhimmel und eine Vielzahl mit Graphen verwandter Materialien. Das Production Work Package zielt insbesondere auf die Automobil-, Luft- und Raumfahrt- sowie Optronikindustrien ab.

Durch Hinzugabe von Graphen in einen Polymer-Verbundstoff haben Wissenschaftler feuerhemmenden Kunststoff hergestellt, der potenziell im Automobil- und Gebäudesektor verwendet werden kann. Die Einbindung solcher intelligenten Materialien in Kombination mit effizienten Feuermeldeanlagen kann zweifelsohne die Gebäudesicherheit erhöhen. Angesichts des wachsenden Problems von Straßenfahrzeugbränden werden

feuerhemmende Materialien ebenso zur Verbesserung der Verkehrssicherheit beitragen.

Die Entwicklung von graphenverstärkten Strukturen für Anwendungen im Luft- und Raumfahrtbereich ist von enormer Bedeutung. Graphen verleiht Verbundstoffen bessere mechanische Eigenschaften und mehr Leitfähigkeit. Ingenieure und Wissenschaftler von Airbus, Aernnova und Grupo Antolin haben einen Flugzeug-Prototypen entwickelt, der graphenbasiertes Verbundmaterial verwendet, das bei weniger Gewicht gegen Blitzschlag schützt.

Bis vor Kurzem war Graphen größtenteils lediglich auf eine Forschungsumgebung beschränkt. „Die Graphenentwicklung im Rahmen des Production Work Package basiert gänzlich auf der Industrie, und die Material- und Ausrüstungshersteller müssen sich an strikte Protokolle für die Entwicklung und Qualitätskontrolle halten“, bemerkt Dr. Jouvray.

Da Graphen rasant zum Material des 21. Jahrhunderts wird, muss die Industrie mit den Produktionsprozessen Schritt halten. Dr. Jouvray ist davon überzeugt, dass Graphene Flagship zur „Schaffung eines industriebasierten Ökosystems und dementsprechender Produkte führt, wodurch potenzielle Anwendungsmöglichkeiten erweitert werden“.

PROJEKT

Graphene Flagship

BEFRAGTE EINRICHTUNG

Aixtron Ltd, Vereinigtes Königreich

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

graphene-flagship.eu



Neuartige graphenbasierte Materialien

Verschmutzung ist in vielen Teilen der Welt, insbesondere in Stadtgebieten, ein ernstzunehmendes Problem. Unter Verwendung neuartiger graphenbasierter Materialien entwickelten Forscher des Arbeitspakets „Functional Foams and Coatings Work Package“ der „Graphene Flagship“-Initiative Lösungen, um neben anderen Anwendungen die Umweltverschmutzung anzugehen.



Die elektrochemische Exfoliation und Funktionalisierung von Graphit wird zur Überbrückung der Kluft zwischen Werkstoffkunde und praktischer Anwendung beitragen.

Die weitläufige Begeisterung über die Anwendung von Graphen in der Industrie ist durch die hohen Kosten, Skalierbarkeit und Qualitätsengpässe getrübt worden. Es wurden verschiedene Methoden geprüft, die entweder zu Mängeln in dem daraus resultierendem Material führen oder deren Ausbeute mangelhaft ist. Es gibt demzufolge einen dringenden Bedarf für die Herstellung qualitativ hochwertigen Graphens im großen Maßstab, das neue Funktionalitäten aufweist.

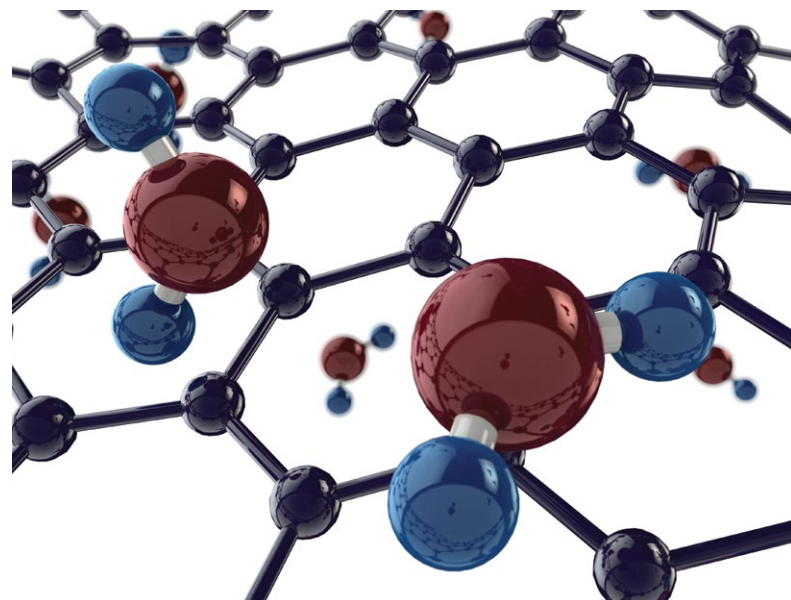
Das „Functional Foams and Coatings Work Package“ unter der Leitung von Prof. Xinliang Feng von der Technischen Universität Dresden in Deutschland ist auf die chemische Verarbeitung und funktionale Anwendung von Graphen und graphenverwandten Materialien fokussiert. „Unsere Ziele sind die Herstellung poröser Strukturen wie Schäume und Membranen, vor allem für die Filtration, sowie funktionale dünne Schichten für verschiedene Anwendungen“, erklärt Dr. Martin Lohe, Gruppenleiter Innovation und Industrie an der Universität Dresden.

Maßstabsvergrößerung der Graphenproduktion

Forscher entwickelten erfolgreich ein Verfahren für die Graphenproduktion, das auf elektrochemischer Exfoliation basiert. Hierbei wird qualitativ hochwertiges Graphen mit einer wesentlich besseren Ausbeute hergestellt. Das Verfahren beinhaltet die Verwendung eines Elektrolyten und elektrischen Stroms, um die strukturelle Ausdehnung unter Umge-

bungsbedingungen innerhalb von Minuten oder Stunden zu erreichen. Die elektrochemische Exfoliation ist zudem umweltschonend und an natürliche Kohlenstoffressourcen anpassbar.

Der wichtigste Vorteil dieser Methode ist, dass Graphen mit feineinstellbaren Eigenschaften einfach hergestellt werden kann, indem das Ausgangsmaterial und die Prozessbedingungen geändert werden. Infolgedessen kann das Graphen je nach Anwendung maßgeschneidert hergestellt werden.



Die Wissenschaftler mussten bestimmte Hindernisse überwinden, die vor allem damit verbunden sind, dass qualitativ hochwertiges Graphen dazu neigt, sich wieder aufeinanderzustapeln. Um dieses Problem anzugehen, wurden Funktionalisierungsagenten verwendet, die zu überaus leitfähigem, aber dennoch wasserlöslichem Graphen führten. Dieser Ansatz verbesserte gleichzeitig die Ausbeute und Materialstabilität.

Neuartige Graphenanwendungen

Die Funktionalisierung von Graphen macht das Material für ein breites Anwendungsspektrum, darunter die Photokatalyse in Innen- und Außenbereichen, Entsalzung und Reinigung, Energiespeicherung und chemische Sensoren, geeignet. Die Partner des „Functional Foams and Coatings Work Package“ haben Graphentinte produziert, die in vollständig gedruckten Sensoren und Energiespeichern verwendet werden.

Zu neuen Anwendungsmöglichkeiten des Graphens und der graphenverwandten Materialien von Graphene Flagship zählen Wasseraufbereitungsstrategien wie beispielsweise Filtration und Entsalzung. Letztgenannte stellt eine nachhaltige sowie energie- und kosteneffiziente Herstellung von sauberem Wasser aus Brackwasser- und Meerwasserquellen in Aussicht. Graphen und graphenverwandte Materialien eignen sich auch für Katalysatorsysteme zur Wasserstoffherzeugung und in Schaumform für Beleuchtungszwecke und als schnelle Heizelemente. Graphen wird auch verwendet, um die Fähigkeit von Titanoxid zum Abbau bestimmter Schadstoffe zu erweitern. Graphen-Zement-Verbundstoffe mit Titanoxid können als photokatalytische Beschichtungen in intelligenten Gebäuden verwendet werden, die Luft in unseren Städten säubern und Wasserschadstoffe vernichten können.

Die zahllosen wissenschaftlichen Erfolge des Arbeitspakets werden durch die Anzahl von Patentanmeldungen, Auszeichnungen und wissenschaftlichen Publikationen verdeutlicht. Es ist beachtenswert, dass 25 aktuelle Kooperationen mit industriellen Partnern und zwei Spin-off-Unternehmen entstanden, welche für die Vermarktung der Produktionsmethoden und der graphenbasierten Produkte werben.

Die im Rahmen des Arbeitspakets erzielten Ergebnisse und Nanoverbundmaterialien werden zudem mit anderen Abteilungen der „Graphene Flagship“-Initiative geteilt, um diese in Bereichen wie gedruckter Elektronik, Sensoren, Brennstoff- und Solarzellen in funktionsfähige Komponenten zu verwenden. Hierdurch werden Graphenanwendungen über den aktuellen Stand der Technik hinaus vorangebracht. In Bezug auf die elektrochemische Exfoliation und Funktionalisierung von Graphit ist Prof. Feng zuversichtlich, dass „dies zur Überwindung der Kluft zwischen Werkstoffkunde und praktischer Anwendung beitragen wird“.

PROJEKT

Graphene Flagship

BEFRAGTE EINRICHTUNG

TU Dresden (TUD), Deutschland

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

graphene-flagship.eu



Graphen ermöglicht niedrigdimensionale Spintronik bei Raumtemperatur

>„Graphene Flagship“-Forscher haben graphenbasierte Spintronikvorrichtungen hergestellt, die bei Raumtemperatur sowohl Elektronenladung als auch Spin nutzen. Da demonstriert wurde, dass der Spin Abstände von bis zu mehreren Mikrometern überbrücken kann, eröffnen die Ergebnisse neue Möglichkeiten für die Integration von Informationsverarbeitung und -speicherung in einen Einzelchip.

Schon von Beginn an erkannte das Programm Graphene Flagship das Potential von Spintronikvorrichtungen, die aus Graphen und damit verwandten Materialien bestehen. Forscher von verschiedenen Universitäten zeigten erfolgreich, dass es möglich ist, die Spineigenschaften von Graphen bei Raumtemperatur in kontrollierter Weise zu beeinflussen. Diese Ergebnisse inspirieren neue Entwicklungsrichtungen hinsichtlich Spinlogikvorrichtungen und Quanteninformatik. „Da Miniaturisierung eine wesentliche treibende Kraft hinter der Elektronikindustrie ist, eröffnet Graphen neue Möglichkeiten für kompakte Spinlogikoperationen mit Magnetspeicherelementen in einer einzelnen Plattform“, bemerkt Forschungsprofessor Stephan Roche vom katalanischen Institut für Forschung und höhere Studien (ICREA), der das Arbeitspaket „Spintronics Work Package“ der „Graphene Flagship“-Initiative seit dessen Initiierung leitet.

Materialmängel machen nichts mehr aus

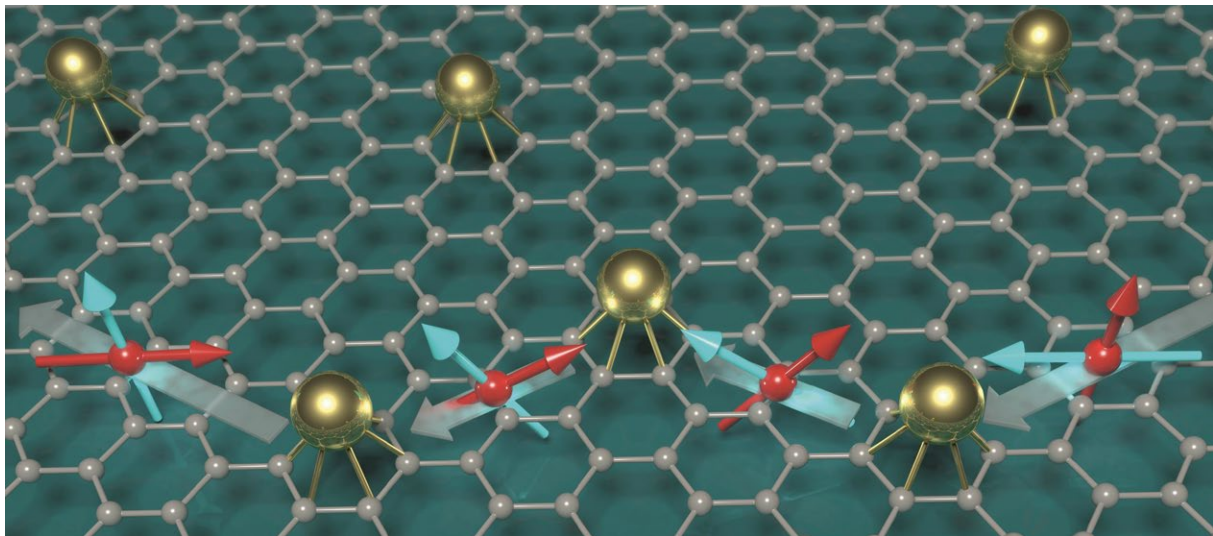
Graphen erweitert den Kommunikationsbereich zwischen Spintronikvorrichtungen zu geringen Energiekosten von Nanometern auf Mikrometer. Obgleich erste theoretische Vorhersagen von einer Spinlebensdauer in dem Material von etwa einer Mikro-

kunde ausgingen, haben jüngere Experimente gezeigt, dass im günstigsten Fall wenige Nanosekunden möglich sind. Diese rätselhafte Diskrepanz legte zunächst nahe, dass vor allem Verunreinigungen und Mängel des Materials für die Spinrelaxation verantwortlich sind. Flagship-Forscher haben diese konventionell berücksichtigten Mechanismen der Spinrelaxation jedoch in Frage gestellt, und mehrere neue Mechanismen vorgeschlagen, die einzig und allein auf Graphen zutreffen.

Es wurde insbesondere beobachtet, dass die Geschwindigkeit der Spinrelaxation in Systemen, die aus Graphen und Übergangsmetall-Dichalkogeniden bestehen, stark davon abhängt, ob die Spins in Richtung der Graphenschicht zeigen oder von dieser weg zeigen. „Graphen, das eine Grenzfläche mit einem Übergangsmetall-Dichalkogenid bildet, könnte als Spinfilter fungieren, da der Transfer von Spininformationen von der Ausgangspolarisation der injizierten Elektronen abhängt, sodass neue, energieschonende Spintransistorkonzepte ermöglicht werden“, erklärt Prof. Roche.



Da Miniaturisierung eine wesentliche treibende Kraft hinter der Elektronikindustrie ist, eröffnet Graphen neue Möglichkeiten für kompakte Spinlogikoperationen mit Magnetspeicherelementen in einer einzelnen Plattform.



© Dámaso Torres, ICN2

Es wurden bedeutsame Experimente bei Raumtemperatur durchgeführt, die insbesondere für die externe Beeinflussung von Elektronenspins in Graphen wichtig sind.

Der ultimative Schalter

Da Graphen die Spinkohärenz über hinreichend lange Abstände aufrechterhalten kann, könnte die Integration von Graphen in ein anderes Schichtmaterial, in dem der Spin für erheblich kürzere Zeit aufrechterhalten bleibt, in der Herstellung einer Vorrichtung resultieren, die einem Spin-Feldeffekttransistor ähnelt. Durch die Kombination von Graphen mit Molybdändisulfid (MoS₂) (in dem der Spin Pikosekunden andauert) demonstrierten Flagship-Forscher, dass es unter Verwendung von Gatespannung möglich ist, zu kontrollieren, wohin der Spin gehen kann. „Diese Kombination von Graphen mit einem anderen dünnen 2D-Material mit kontrastierenden Spintronikeigenschaften ermöglicht die Erstellung eines Spinschalters“, erklärt Prof. Roche.

Die Forscher entschieden sich aufgrund der geringen Spin-Lebensdauer, die auf die starke Spin-Bahn-Kopplung zurückgeht, für MoS₂. Diese Materialmischung funktioniert sogar bei Raumtemperatur.

Erhöhung von Spinsignalen

Ausgehend von Studien der Forschungsliteratur wurden Abweichungen in der Leitfähigkeit als wichtiger Faktor identifiziert, der die Spininjektion von Ferromagneten in Halbleiter wesentlich reduzieren kann.

Das Flagship-Team zeigte, dass die Effizienz bei der Injektion und Detektion von Spinelektronen in Graphen unter Verwendung

von mehreren Materialschichten deutlich verbessert werden kann. Dieses bestand aus einem Bornitridisolator zwischen der Graphenschicht und den ferromagnetischen Spininjektor-/detektorelektroden.

In der hergestellten Vorrichtung wurde die Polarisation bei Spannung auf bis zu 70 % erhöht – dies stellt die Erkenntnis aus dem Lehrbuch in Frage, dass ausschließlich Ferromagneten die Spinpolarisation beeinflussen können. Es wurde vielmehr festgestellt, dass sich der Quantentunneleffekt in den Vorrichtungen auf die Spinpolarisation auswirkt. Der Spin überbrückte bei Raumtemperatur in mehr als drei Nanosekunden einen Abstand von zehn Mikrometern.

„Die Verwendung von Graphen und anderer 2D-Materialien zur Verbesserung von Spin-Torque-basierten Speichern der nächsten Generation (wie zum Beispiel STT-MRAM und SOT-MRAM) ist auch extrem attraktiv, und hat das IMEC dazu angespornt, die Leitung des Konsortiums zu übernehmen und an deren großflächigen Integration in die Produktionsumgebung zu arbeiten“, sagt Kevin Garello, Leiter des Work Package und Forscher am IMEC, der für die Erforschung aufstrebender fortschrittlicher Magnetspeicherkonzepte verantwortlich ist.

PROJEKT

Graphene Flagship

BEFRAGTE EINRICHTUNG

imec, Belgien

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

graphene-flagship.eu

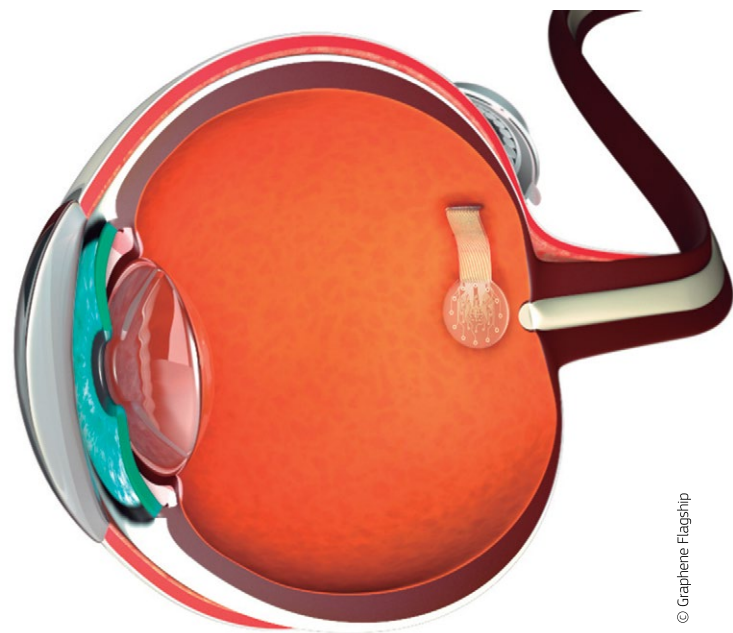
Fortschritte in der Biomedizin durch Verwendung von Graphen

Die steigende Nachfrage nach Gesundheitsdienstleistungen macht neue Lösungen erforderlich. Graphen ebnet den Weg für Technologien, mit denen es möglich ist, Erkrankungen des Nervensystems mithilfe von neuronalen Implantaten zu erkennen, zu behandeln und zu managen.

Graphen ist der dünnste, stärkste – aber gleichzeitig auch leichteste – Stoff, undurchlässig für Moleküle, jedoch zugänglich für die chemische Veränderung. Abgesehen von seiner hohen Oberfläche und Biokompatibilität machen diese Eigenschaften Graphen zu einem überaus vielversprechenden Ausgangsmaterial für eine Vielzahl biomedizinischer Anwendungen.

Das Arbeitspaket „Biomedical Technologies Work Package“ von Graphene Flagship unter der Leitung von Prof. Kostas Kostarelos am [nanomedizinischen Labor](#) der Universität Manchester (Vereinigtes Königreich) und Prof. Jose A Garrido vom katalanischen Institut für Nanowissenschaften und Nanotechnologie (Spanien), erforscht die Verwendung von Graphen und graphenverwandter Materialien bei der Konstruktion neuronaler Implantate für die Aufzeichnung und Stimulierung elektrischer Aktivitäten in Kombination mit einer lokalen Medikamentenverabreichung. Prof. Kostarelos erklärt hierzu: „Das Ziel dieses Work Package ist die Entwicklung der nächsten Generation neuronaler Implantate, die Aufzeichnungs- und Stimulationsfunktionalitäten mit therapeutischen Möglichkeiten kombinieren.“

Neuronale Implantate haben sich als vielversprechender Ansatz für die Erkennung, Beobachtung und Behandlung einer Reihe unterschiedlicher sensorischer und motorischer Erkrankungen des Zentral- und peripheren Nervensystems (über elektrische Stimulation) hervorgetan. Diese Implantate fungieren als Schnittstelle zwischen Nervengewebe, Nervenfasern oder individuellen Neuronen und externen Geräten, die zur Aufzeichnung, Beobachtung und Stimulation von Hirnaktivitäten verwendet werden, um in Funktionen des zentralen Nervensystems einzugreifen.



© Graphene Flagship

Innovative Graphen-basierte Geräte

Forschungsaktivitäten führender Wissenschaftler in ganz Europa, die am „Graphene Flagship“-Projekt beteiligt waren, waren auf die Materialherstellung, Implantattechnologie und Funktionalität für Anwendungen im Bereich der Neurologie,



Das Ziel dieses Work Package ist die Entwicklung der nächsten Generation neuronaler Implantate, die Aufzeichnungs- und Stimulationsfunktionen mit therapeutischen Möglichkeiten kombinieren.

Ophtalmologie und Chirurgie fokussiert. Ihr Ziel war die Implementierung dieser Geräte für die Diagnose und Behandlung verschiedener Erkrankungen wie Epilepsie, Parkinson, Blindheit, rheumatische Gelenkentzündung und Diabetes.

Graphen ist ein vielseitiges Substrat, das viele verschiedene Formen mit unterschiedlichen Eigenschaften annehmen kann, und somit ausgezeichnet für die Herstellung von 2D-Materialien geeignet ist, die in Aufzeichnungs- und Stimulationsgeräten verwendet werden können. Die elektrische Leitfähigkeit und Elastizität von einschichtigen Graphen-Nanomembranen vereinfacht die Aufzeichnung elektrischer Aktivitäten in Nervengewebe mit höchster Genauigkeit erheblich.

Zur elektrischen Stimulation des Nervensystems – wie dies bei Parkinson-Patienten der Fall ist, die nicht auf Levodopa ansprechen – entschieden sich die Wissenschaftler für reduziertes Graphenoxid. Graphenoxid führt zur Herstellung flexibler, aber dennoch poröser Substrate im Nanomaßstab mit einer hohen Kapazität, die über längere Zeit stimulieren können. Die Partner dieses Work Package erforschen die Technologie für die Entwicklung eines Netzhautimplantats für Menschen, die ihr Sehvermögen aufgrund einer Netzhauterkrankung verloren haben. Eine Kamera sammelt Bilder aus der Umgebung und wandelt diese in elektrische Stimulationen um, die über Graphen-Mikroelektroden verabreicht werden.

Die einstellbaren Charakteristika der Graphen-Suspension und dessen Fähigkeit zur Funktionalisierung mit Sauerstoff können zudem für die Medikamentenverabreichung genutzt werden. Entzündungshemmende Medikamente, Neurotransmitter oder neuronale Lockmittel sind mit hydrogelbeschichteten Graphenmembranen verbunden und werden nach der Implantierung mit unterschiedlicher Geschwindigkeit freigesetzt.

Die Zukunft von Graphen im Bereich der Biomedizin

Die Forschung an der Verwendung von Graphen- und 2D-Materialien für biomedizinische Anwendungen wird auf verschiedene Bereiche ausgeweitet, die von der Überwachung tragbarer Geräte bis hin zur Medikamentenverabreichung und Krebsdiagnostik reichen. Die Forschung im Rahmen des Biomedical Technologies Work Package gründet auf den außergewöhnlichen Eigenschaften von Graphen, die dafür sorgen, dass der Stoff bei pathologischen Erkrankungen wie Parkinson und Epilepsie ideal zur Aufzeichnung und Stimulation von Nervengewebe geeignet ist.

„Graphen ebnet zweifelsohne den Weg für neue Diagnosen und Behandlungen, die dazu beitragen, die Lebensqualität für Millionen Patienten weltweit zu verbessern“, schlussfolgert Prof. Kostarelos. Mit Blick auf die Zukunft betont er, dass die „Zusammenarbeit mit der Industrie essentiell ist, um Innovationen und Forschungsmaßnahmen in Richtung der vielversprechendsten kommerziellen Anwendungen zu lenken“.

PROJEKT

Graphene Flagship

BEFRAGTE EINRICHTUNG

University of Manchester, Vereinigtes Königreich

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

graphene-flagship.eu



Graphen- Quantenpunktdetektoren für tragbare Gesundheitsüberwach- ungssysteme der nächsten Generation

Sperrige Systeme zur Gesundheitsüberwachung könnten dank neu entwickelter Geräte des GRAPHEALTH-Projekts bald der Vergangenheit angehören. Diese neuen Geräte könnten in der Tat die Zukunft der Märkte für flexible Elektronik und intelligente tragbare Technologien (Smart Wearables) prägen.



nicht mehr nur als attraktives technologisches Konzept, sondern als praxisorientierte, marktfähige Produkte präsentierten. Eine umfassende Gesundheitsüberwachung zur Erkennung verschiedenster Gesundheitsmarker kann jedoch schnell sperrig werden. Aus diesem Grund mussten Ingenieure bisher versuchen, das richtige Mittelmaß zwischen Funktionalität und Komfort zu finden: So ließ sich nur eine begrenzte Zahl von Komponenten integrieren, wodurch das komplette System an Attraktivität einbüßte.

Eine mögliche Lösung liegt laut Dr. Frank Koppens vom Spanish Institute of Photonic Sciences (IFCO) in den inhärenten Eigenschaften von Graphen-Quantenpunktdetektoren – Fotodetektoren mit bestimmten Merkmalen, die auf Graphen-Quantenpunkten (GQD) und Halbleiter-Quantenpunkten basieren. Mit GQD-Detektoren wäre die Entwicklung eines flexiblen, kompakten und tragbaren Systems zur dauerhaften Überwachung der Verbrauchergesundheit und der Muskelgesundheit von Sportlern während sportlicher Aktivitäten oder nach einer Verletzung möglich.

Die Gesundheitsüberwachung, insbesondere im Fitnessbereich, zählte zu den ersten Anwendungen, die Smart Wearables erstmals

„Unser Fotodetektor ist in einem besonders breiten Spektralbereich von 300 bis 2 200 nm hochgradig lichtempfindlich. Vor allem aber ist er flexibel“, betont Dr. Koppens. „Möglich wird dies dadurch, dass sich der Detektor auf nahezu jedem flexiblen Substrat verwenden lässt. Er ist nur wenige Hundert Nanometer dick und damit hervorragend zur Integration in tragbare Sensoren geeignet.“

Entscheidend ist dabei die Verwendung von Graphen als ultradünner Leiter mit äußerst hohen leitfähigen Eigenschaften, wie insbesondere Elektromobilität. Darüber hinaus kann Graphen problemlos auf flexible Substrate übertragen werden und relativ große Flächen abdecken.

„Das funktioniert folgendermaßen“, erklärt Dr. Koppens: „Licht, sei es nun von einem LED-Gerät oder aus der Umgebung, dringt in die Haut ein und tritt mit dem Gewebe und den Blutgefäßen in Wechselwirkung. Es wird dort zum Teil absorbiert, zum Teil aber auch reflektiert und kann in diesem Fall vom Detektor registriert werden. Wenn sich die Venen nun durch den Herzschlag dehnen und zusammenziehen, wird auch das Fotodetektionssignal entsprechend moduliert. Mit anderen Worten: Der Herzschlag ist direkt aus dem Fotodetektionssignal ersichtlich.“



Unser Fotodetektor ist in einem besonders breiten Spektralbereich von 300 bis 2 200 nm hochgradig lichtempfindlich. Vor allem aber ist er flexibel.

Das ist natürlich nur ein Beispiel. Die Technologie, die im Rahmen des Projekts GRAPHEALTH (Hybrid quantum dot and graphene wearable sensor for systemic hemodynamics and hydration monitoring) entwickelt wurde, hat auch ihre Einsatzfähigkeit für Anwendungsbereiche wie die Sauerstoffüberwachung bereits unter Beweis gestellt. Weitere bedeutende Gesundheitsmarker werden ebenfalls bald erfassbar sein. Der Fotodetektor von GRAPHEALTH ist mit gegenwärtigen Fertigungsverfahren für flexible Elektronik kompatibel. Die Industrie muss daher keine erwähnenswerten Investitionskosten befürchten.

„Wir haben verschiedene Prototypen von Wearable-Geräten angefertigt, zum Beispiel ein Wearable für das Handgelenk und ein Pflaster (Patch), das eher einem dünnen Aufkleber gleicht – und konnten damit demonstrieren, dass ihre Herstellung mit skalierbarem großflächigem Graphen möglich ist“, schwärmt Dr. Koppens.

Nun, da das Projekt zum Abschluss gekommen ist, beabsichtigt das Team um Dr. Koppens, das GRAPHEALTH-System durch die Integration weiterer Gesundheitsmarker noch vielseitiger zu machen. Außerdem möchten die Forscher einen vollständig integrierten „Health Patch“ entwickeln, der neben dem Pflaster selbst auch Elektronik sowie drahtlose Energie- und Datenübertragung bieten soll.

„Prognosen über eine mögliche Kommerzialisierung sind schwierig, da flexible Elektronik und Wearables noch sehr junge Märkte sind. Wir können eine sehr breite Palette unterschiedlicher Wearables herstellen, und auch die Integration in bereits existierende Wearables, etwa durch die Kombination mit einer Smartwatch, kommt in Betracht. Die Herausforderung liegt nun darin, die richtige Entscheidung darüber zu treffen, auf welche Anwendung wir uns konzentrieren sollten“, sagt Dr. Koppens abschließend.

PROJEKT

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

KOORDINIERT DURCH

Universität Neapel Federico II, Italien

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

N/A



Verwendung von Graphen als aufgeladene Lupe

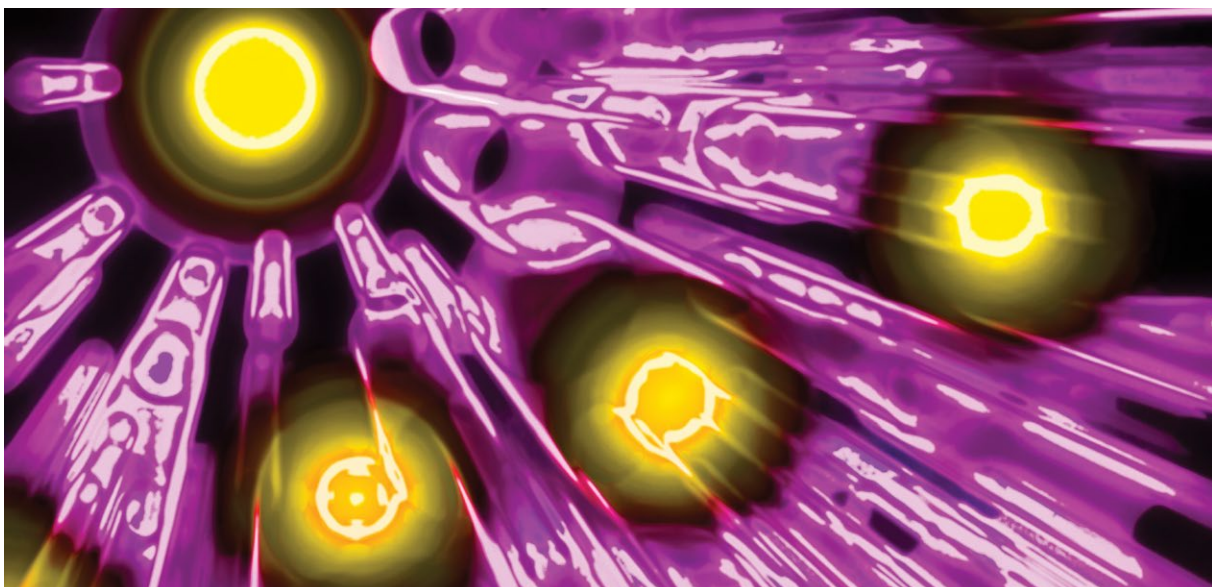
Die im Rahmen des GRASP-Projekts geleistete Arbeit trägt zu einem besseren Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen Graphen und Licht bei. Die Ergebnisse der vierjährigen Forschung bilden die Grundlage für zukünftige Technologien, die sich nichtlineare optische Effekte zunutze machen.

Neben ihrer Bedeutung für das Verständnis der fundamentalen Physik sind nichtlineare optische Effekte auch essentiell für unerlässliche Anwendungen wie Quantencomputing, Biomedizin oder rein optische Netze. Es gibt jedoch noch viele Hindernisse, die der Ausschöpfung ihres vollen Potenzials im Wege stehen, wie die Erzeugung von nichtlinearen optischen Effekten bei extrem niedrigen Leistungen und auf Geräten in Chipgröße.

„Dies stellt in der Tat eine der zentralen Herausforderungen in der Optik dar“, so Prof. Dr. Darrick Chang, Leiter der Arbeitsgruppe Theoretische Quanten-Nano-Photonik am ICFO. „Die Erzeugung von nichtlinearen optischen Effekten erfordert normalerweise große Laserintensitäten, und der daraus resultierende Energieverbrauch – oder die Größe der erforderlichen Energiequellen – erschwert es oft, sie in kleinen Maßstäben zu realisieren, wie beispielsweise für tragbare Geräte.“

Das oberste Ziel ist, nichtlineare Effekte auf der Ebene der einzelnen Quantenteilchen des Lichts sehen zu können, was allein schon die Anstrengungen wert ist. Dies würde insbesondere die bestmögliche Leistung und den breiten Einsatz von klassischen nichtlinearen Geräten ermöglichen und gleichzeitig disruptive Quanteninformationsprotokolle vereinfachen, die auf klassischen Plattformen nicht realisiert werden können.

Zu diesem Zweck wurde das GRASP-Projekt im Jahr 2014 gestartet. „Ziel des Projekts war es, zu untersuchen, ob es ein relativ neues und exotisches Material – Graphen – Lichtimpulsen ermöglichen könnte, mit viel weniger Energie zu interagieren“, erklärt er. Obwohl der Einsatz von Graphen für die nichtlineare Optik ein völlig neues Terrain darstellt, waren Prof. Dr. Chang und sein Team davon überzeugt, dass die einzigartigen Eigenschaften des Materials es sogar einzelnen Lichtteilchen ermöglichen



würden, die erforderlichen Intensitäten zu erreichen, um nichtlineare Prozesse auszulösen.

„Eine einzigartige Eigenschaft von Graphen, die sowohl theoretisch vorhergesagt als auch experimentell beobachtet wurde, war, dass es Licht auf extrem kleine Längenskalen effektiv fokussieren bzw. räumlich begrenzen konnte. Nehmen wir zum Beispiel die Analogie einer Lupe, die das Licht der Sonne auf einen kleinen Punkt fokussiert, wodurch es so stark intensiviert wird, dass es sogar ein Stück Papier entzünden könnte“, erklärt Prof. Dr. Chang weiter.

In dieser Analogie kann Graphen als eine Art aufgeladene Lupe angesehen werden. Es ist in der Lage, Licht an einer Stelle zu bündeln, die millionenfach kleiner ist als die der besten Lupen oder Linsen, die man jemals für Geld kaufen könnte. Zudem wären die resultierenden Intensitäten hoch genug, um nichtlineare optische Prozesse auszulösen.

Im Rahmen des GRASP-Projekts konnten erstmals nichtlineare Effekte beobachtet werden, die durch einen solchen Lupeneffekt erzeugt wurden. Dies ist besonders bemerkenswert, wenn man bedenkt, dass Graphen nur so dick ist wie ein einzelnes Atom, wohingegen nichtlineare optische Standardgeräte meist sperrige Materialien beinhalten. Auch wenn das endgültige Ziel, eine völlig neue Technologiegeneration basierend auf nichtlinearen optischen Geräten zu entwickeln, die mit einem extrem niedrigen Energieverbrauch betrieben werden können, noch einige Schritte entfernt liegt, so ist die Arbeit des Konsortiums ein wesentlicher Schritt in diese Richtung.

„Natürlich muss noch viel mehr getan werden, bis die Versuche mit Graphen zu einer ausgereiften Technologie für die nichtlineare Optik heranwachsen werden. Wir haben jedoch viele wichtige Bausteine entwickelt und auf diese Weise den Grundstein



Eine einzigartige Eigenschaft von Graphen, die sowohl theoretisch vorhergesagt als auch experimentell beobachtet wurde, war, dass es Licht auf extrem kleine Längenskalen effektiv fokussieren bzw. räumlich begrenzen konnte.

für weitere Forschung gelegt. So können zum Beispiel, nichtlineare optische Effekte in Graphen erstmals durch starke Lichteinschlüsse beobachtet, Graphen mit höherer Materialqualität hergestellt sowie neue Geräte konstruiert werden, die Bereiche nicht nur millionen-, sondern milliardenfach besser eingrenzen können als die besten Linsen, und die komplexen Wechselwirkungen zwischen Graphen und Licht besser verstanden werden“, so Prof. Dr. Chang.

Während es wahrscheinlich noch zu früh ist, um über konkrete Vermarktungsmöglichkeiten zu spekulieren, ist die Verwendung von Graphen für universell einsetzbare, klassische und nichtlineare optische Quantentechnologien in Chipgröße nun sehr viel eher denkbar. Dies erklärt, warum Prof. Dr. Chang beabsichtigt seine Arbeit fortzusetzen: „Nachdem wir alle erforderlichen wesentlichen Bausteine geschaffen haben, ist es nun unser Ziel, diese spannende Forschung weiter voranzutreiben und damit zu beginnen, die einzelnen Bausteine zusammenzufügen, um in den kommenden Jahren einfache, aber funktionierende Geräte zu erschließen“.

PROJEKT

GRASP - Graphene-Based Single-Photon Nonlinear Optics

KOORDINIERT DURCH

Institute of Photonic Sciences (ICFO), Spanien

FINANZIERT UNTER

FP7-ICT

PROJEKTWEBSITE

grasp-fet.eu



Graphen-Nutzung für optimale Tunneleffekt-Beschleunigungssensoren

Dank eines Stipendiums im Rahmen des ERC Proof of Concept (des Europäischen Forschungsrats) arbeitet die Aalto-Universität derzeit an einem neuartigen Konzept für einen Tunneleffekt-Beschleunigungssensor, der die einzigartigen Eigenschaften von Graphen nutzt. Gelingt dieses Vorhaben, so könnte das Projekt für Branchen, die Hochpräzisionsanwendungen entwickeln, interessant werden.

Beschleunigungssensoren werden für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen eingesetzt, z. B. für Navigationssysteme in Luftfahrzeugen, zur Bewegungserkennung in Fahrzeugen sowie in tragbaren elektronischen Geräten. Die anspruchsvollsten Anwendungen benötigen jedoch hochauflösende Beschleunigungssensoren, die sehr groß und zudem ausgesprochen teuer in der Herstellung sind.

Gerade bei solchen Anwendungen, zu denen mikrogravimetrische Untersuchungen, Schallmessungen und seismologische Messungen zählen, läge der Nutzen von Tunneleffekt-Beschleunigungssensoren auf der Hand. Sie verursachen deutlich geringere Herstellungskosten und bieten zugleich eine bisher unerreichte Präzision – ein gewaltiger Vorteil gegenüber herkömmlichen Ausführungen. Ein-

er Kommerzialisierung stehen allerdings nach wie vor der komplexe Fertigungsprozess und die langfristige Instabilität entgegen.

Hier kommt das Projekt GraTA (Graphene Tunneling Accelerometer) zum Tragen, das an der Entwicklung eines weltweit einzigartigen – und bereits patentierten – Tunneleffekt-Beschleunigungssensors auf Graphen-Basis arbeitet. Seine technischen Vorteile, wie etwa die geringeren Abmessungen, eine größere Bandbreite, eine einfachere Herstellung und natürliche Stabilität, haben in der Branche bereits für Aufsehen gesorgt. Darüber hinaus könnte damit die Produktion Graphen-basierter High-End-Sensoren möglich werden.

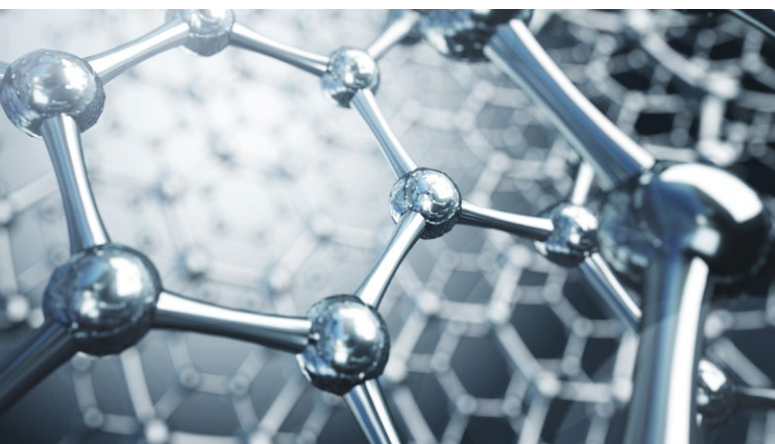
Professor Dr. Pertti Hakonen, der Leiter des Projekts, spricht über das Konzept seines Tunneleffekt-Beschleunigungssensors, den damit verbundenen Entwicklungsprozess und die Aussichten auf eine Vermarktung.

Welche Schwachpunkte von Tunneleffekt-Beschleunigungssensoren wollten Sie mit diesem Projekt angehen?

Primär verfolgten wir das Ziel, das Problem der fehlenden langfristigen Stabilität von silikonbasierten, metallbeschichteten



Die wesentlichen Schutzrechte des geistigen Eigentums sind jedoch bereits angemeldet, und es werden weitere Felddaten erfasst. Damit sind wir also bereits auf dem richtigen Weg, um das Ziel einer Kommerzialisierung zu erreichen.



Tunneleffekt-Beschleunigungssensoren zu beseitigen. Die Sensorempfindlichkeit und -bandbreite wurden jedoch auch verbessert.

Warum halten Sie Graphen für eine geeignete Lösung, um dieses Ziel zu erreichen?

Graphen zeichnet sich bekanntlich durch überragende mechanische Eigenschaften aus (leichtes, starkes, robustes Kohlenstoffkristall) und gute elektrische Leitfähigkeit aus (wodurch Metallbeschichtungen überflüssig werden). Im Umgang mit spezifischen Aspekten wie der Materialspannung in Graphen-basierten Strukturen von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) kennen wir uns bereits aus. Aufgrund der Art des Werkstoffs und unseres Know-hows bietet sich der Graphen-basierte Beschleunigungssensor als mögliche Lösung an.

Welche Schwierigkeiten haben sich bei der Realisierung dieser neuen Graphen-basierten Beschleunigungssensoren ergeben?

Die Schwierigkeit bei der Weiterentwicklung von Labormustern hin zu Beschleunigungssensoren als Endprodukt besteht vor allem in der Herstellbarkeit (und Reproduzierbarkeit).

Worin sehen Sie die bislang wichtigsten Erfolge des Projekts?

Wir konnten nachweisen, dass der winzige Spalt nicht zusammenfällt, und zwar auch nicht bei Luftströmung – ein entscheidendes Kriterium für die Zuverlässigkeit. Das Kernpatent ist bereits angemeldet, und ein weiteres mit verwandten Werkstoffen ist in Vorbereitung.

Was müssen Sie bis Projektende außerdem noch in Angriff nehmen?

Wir müssen weitere Prototypen bauen, die korrekt gehäust sind, und wir müssen weitere Daten außerhalb des Laborumfelds erfassen.

Welche Arten der Sensoranwendung streben Sie an?

Ein Beispiel wäre die Schwingungsüberwachung von Maschinen – die am weitesten verbreitete Methode, um den Zustand von rotierenden Anlagen zu beurteilen. Sie leistet einen wertvollen Beitrag zur Sicherheit und intelligenten Instandhaltung für die moderne Industrie, insbesondere im Zeitalter des Internets der Dinge.

Wie nah sind Sie Ihrer Einschätzung nach einer möglichen Kommerzialisierung?

Das ist schwer zu sagen. Die Kommerzialisierung ist wesentlich langwieriger und erfordert ganz andere Mittel als jene, die uns für unsere Forschungsarbeit in der Laborumgebung zur Verfügung standen. Die wesentlichen Schutzrechte des geistigen Eigentums sind jedoch bereits angemeldet, und es werden weitere Felddaten erfasst. Damit sind wir also bereits auf dem richtigen Weg, um das Ziel einer Kommerzialisierung zu erreichen.

PROJEKT

GraTA – Graphene Tunneling Accelerometer

KOORDINIERT DURCH

Aalto University, Finland

FINANZIERT UNTER

H2020

PROJEKTWEBSITE

N/A



Anwendung der Substratschich- tungstechnik auf Graphenoxid

Ein EU-finanziertes Projekt hat erfolgreich nachgewiesen, dass Graphenoxid mit anderen Materialien verbunden werden kann, um dichte Polymer-Verbundwerkstoffe zu produzieren. Dieser Durchbruch könnte unter anderem zu Anwendungen in den Bereichen der Optoelektronik und Energieumwandlung führen.

Graphen wird aufgrund seiner überdurchschnittlichen Stärke, Dünne, Leitfähigkeit und seiner optischen Eigenschaften oftmals als Supermaterial bezeichnet. Doch sein Potenzial erreicht noch eine ganz andere Ebene, wenn es mit andersartigen Materialien kombiniert wird. Durch die Schaffung solcher Hybridmaterialien können die Eigenschaften von Graphen weiter optimiert werden. Für Forscher eröffnen sich dadurch neue und spannende Aussichten für Anwendungen, und gleichzeitig wird eine bessere Integration von Graphen in Vorrichtungen gewährleistet.

Basierend auf diesem Gedanken startete Dr. Sergio Moya vom Centre for Cooperative Research in Biomaterials (CIC biomaGUNE) im März 2014 das Projekt HIGRAPHEN (Hierarchical Functionalization of Graphene for Multiple device fabrication). Er zielte darauf ab, unter Verwendung der Technologie der Substratschichtung – ein einfaches Verfahren zur Funktionalisierung von Oberflächen, das auf der schrittweisen Ablagerung von gegensätzlich geladenen Molekülen oder Materialien beruht – ein vielseitiges, allgemeines Verfahren zur Fertigung von Hybridvorrichtungen zu entwickeln, in denen Graphen mit polymeren, organischen und anorganischen Materialien verbunden wird.

„Die treibende Kraft hinter der Substratschichtung ist die elektrostatische Interaktion zwischen den verbundenen Komponenten“, erklärt Dr. Moya. „Ursprünglich wurde diese Technik



© BONNINSTUDIO, Shutterstock



Verfügt über Potenzial in vielen Anwendungen: von Nanofiltermembranen über optoelektronische Geräte und smarte Beschichtungen bis hin zur Medikamentenverabreichung.

für die Verbindung von Polyelektrolyten, also Polymeren mit mehrfach geladenen Monomeren, entwickelt. Doch seither wurde sie auf zahlreiche Komponenten erweitert: Substratschichtungsfilme Polyelektrolyte können mit Nanopartikeln, mit Lipiden, Zellen, Graphenoxid usw. kombiniert werden. Dies ist eine einfache und leistungsstarke Möglichkeit, Schnittstellen herzustellen und dabei die kovalente Chemie zu vermeiden, und verfügt über Potenzial in vielen Anwendungen: von Nanofiltermembranen über optoelektronische Geräte und smarte Beschichtungen bis hin zur Medikamentenverabreichung.“

Das Projekt ging noch einen Schritt weiter, indem es sich speziell auf die Kombination von Graphenoxid mit Metall und Metalloxyd-Nanopartikeln sowie Polyelektrolyten konzentrierte, wobei mögliche Anwendungen in den Bereichen der Energiespeicherung und Katalyse in Erwägung gezogen werden. Obwohl die Substratschichtungstechnologie in der Oberflächentechnik und Dünnfilmfertigung weit verbreitet ist, wird sie durch HIGRAPHEN zur Verbindung heterogener Komponenten mit Graphenoxid besonders innovativ eingesetzt.

Dr. Moya und sein Team stellten zunächst künstlich verschiedene Nanomaterialien wie Zinkselenid-Quantenpunkte (ZnSe), magnetische Nanopartikel und elektroaktive Polymere wie p-Aminobenzoessäure (PABA) her, ehe man diese dann in Substratschichtungsfilme mit mehreren Komponenten, darunter Graphenoxid, integrierte. Das Team des HIG-

RAPHEN-Projekts integrierte diese Gruppen danach in makroskopische Korrosionsschutzbeschichtungen und Geräte für optoelektronische Anwendungen und Energieumwandlung.

„Eine der größten Herausforderungen für uns bestand darin, eine dichte Anordnung von Graphenoxid in Kombination mit Polymeren zu erreichen. Dies führte zur Entwicklung verschiedener Ansätze zur Beschichtung des Graphenoxids und dessen Kombination mit Nanopartikeln“, sagt Dr. Moya.

Insgesamt demonstriert das wichtigste Ergebnis des Projekts, dass Graphenoxid so kombiniert werden kann, dass dichte Polymer-Verbundwerkstoffe entstehen und dass es zur Katalyse ohne Weiteres mit Metallnanopartikeln verbunden werden kann. HIGRAPHEN neigt sich im März 2018 dem Ende zu, doch laut Dr. Moya verfolgen die Projektpartner bereits interessante neue Forschungsrichtungen, die auf den Projektergebnissen für die Vorrichtungsfertigung und katalytische Anwendungen aufbauen.

PROJEKT

HIGRAPHEN - Hierarchical Functionalization of Graphene for Multiple device fabrication

KOORDINIERT DURCH

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

FINANZIERT UNTER

FP7-PEOPLE

PROJEKTWEBSITE

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



Graphen-verstärkte Polymere marktbereit

In einer vierjährigen Entwicklungsphase gelang es, die optimalen Werkstoffe und Produktionsverfahren für Graphen-basierte Beschichtungen, Klebstoffe und Verbundwerkstoffe zu ermitteln. Sobald der Markt für Graphen heranreift, könnten diese neuen Produkte für eine Vielzahl unterschiedlicher Branchen attraktiv sein.



kleine und mittlere Unternehmen (KMU), Unternehmen, Universitäten sowie einem Forschungszentrum, zielte das Projekt darauf ab, Graphen-verstärkte duroplastische Polymere in industrierelevanten Mengen bereitzustellen.

„Wir haben uns verschiedene Methoden angesehen, um die thermomechanischen und elektrischen Eigenschaften von Beschichtungen, Additiven und Verbundwerkstoffen zu verbessern“, erläutert Maria Konstantakopoulou, Entwicklungsingenieurin beim projektkoordinierenden Unternehmen Coventive Composites. Nachdem die Leistungsvorgaben definiert waren, wählte das Team geeignete Polymere aus, legte eine Reihe von Graphit- und Graphen-Sorten fest und bestimmte geeignete Exfoliations- und Dispersionsverfahren, mit denen die Forscher letztendlich den Produktionsmaßstab vergrößern und zugleich gewährleisten konnten, dass das Graphen im Endprodukt gut verteilt blieb.

Erreichen wollte man damit die Produktion „in einem für andere Unternehmen tragfähigen Maßstab, sodass es für sie in Frage käme, unsere Lösung in ihre aktuellen oder künftigen Produkte zu integrieren“, wie Ben Hargreaves, der Koordinator des POLYGRAPH-Projekts, erklärt. Die großmaßstäbliche Umwandlung von Verbundwerkstoffen ist nach wie vor ein Faktor, der die Marktakzeptanz erschwert. Als es den Projektpartnern gelang, bis zu 100 kg Graphit und 25 kg Graphen pro Charge herzustellen, eröffneten sich damit neue Horizonte.

Es wurden zahlreiche unterschiedliche Verbundwerkstoffe vom Projektkonsortium hergestellt, die anschließend nach ihrer elektrischen Leitfähigkeit und ihren mechanischen Eigenschaften bewertet wurden. Die vielversprechendsten

Graphen ist nach wie vor mit hohen Kosten verbunden, die seine großmaßstäbliche Integration in kommerzielle Produkte uninteressant machen. Forscher in ganz Europa lassen sich davon jedoch nicht beirren und arbeiten weiter an der Entwicklung von Werkstoffen und Produktionsverfahren, die das Brancheninteresse wecken könnten, sobald größere Graphen-Chargen zu geringeren Kosten verfügbar werden.

Das Projekt POLYGRAPH (Up-Scaled Production of Graphene Reinforced Thermosetting Polymers for Composite, Coating and Adhesive Applications) ist eines dieser bahnbrechenden Unterfangen. In Zusammenarbeit mit 14 Partnern, darunter

Wir haben uns verschiedene Methoden angesehen, um die thermomechanischen und elektrischen Eigenschaften von Beschichtungen, Additiven und Verbundwerkstoffen zu verbessern.

Beschichtungen, Klebstoffe und Verbunde wurden in Demonstrationsbauteilen eingesetzt, nämlich einem Strukturelement für die Luft- und Raumfahrt, einem beschichteten Radom/Verkleidungselement für die Luft- und Raumfahrt und einer hinteren Sitzlehnenverkleidung für die Automobilindustrie. Zu den Vorteilen zählen ein verbessertes Tragverhalten, ein geringeres Gewicht, eine bessere Ästhetik sowie elektrische und flammhemmende Eigenschaften.

„Einer der Hauptvorteile der Graphen-verstärkten Verbunde aus diesem Forschungs- und Entwicklungsprozess liegt in ihren elektrischen Eigenschaften. Damit eignen sie sich für die Abschirmung der elektromagnetischen Interferenz (EMI) oder zur Enteisung von Windturbinen“, betont Konstantakopoulou.

Warten auf die richtige Gelegenheit

Laut Gary Foster, dem Projektmanager von POLYGRAPH, sind die wirtschaftlichen Aussichten dieser drei Werkstoffe jeweils sehr unterschiedlich. „Was die Beschichtungen betrifft, kann unser Projektpartner HMG Paints im Prinzip bereits direkt in die Produktion übergehen, denn unsere Entwicklung ist gar nicht so weit von den Produkten entfernt, die dort bereits vertrieben werden. Klebstoffe sind hingegen schon etwas preissensibler. Das heißt zwar nicht, dass unsere Partner auf den Einsatz dieser Werkstoffe verzichten werden. Doch sie warten einfach auf den richtigen Zeitpunkt, wenn eine breitere Nachfrage nach diesem Produkt besteht.“

Das dritte Produkt, eine vorimprägnierte Verbundfaser (Prepreg), war für Coventive Composites von besonderer Bedeutung, wie Hargreaves betont: „Die Entwicklung eines Prepregs war im Projekt ursprünglich nicht in dem Ausmaß vorgesehen, in dem wir letztlich daran gearbeitet haben. Wir haben uns auch mit anderen Herstellungsverfahren, wie z. B. der Infusion, beschäftigt, doch es zeigte sich schon früh, dass ein Prepreg wohl das

optimale Verfahren war.“ Hargreaves und Foster sind sich einig, dass sich das Unternehmen nun auf die Suche nach dem geeigneten Nischenmarkt für diesen Verbund konzentrieren sollte und dass künftige Anstrengungen darauf verwendet werden sollten, herauszufinden, was potenzielle Kunden benötigen und wie das Produkt auf ihre Anforderungen ausgerichtet werden kann.

Bis dahin wird sich das Team der Weiterentwicklung von Graphen widmen. „Es besteht Bedarf an einer gewissen Generalisierung“, erklärt Foster. „Wenn wir unser Produkt beispielsweise im Luft- und Raumfahrtsektor einsetzen wollen, benötigen die Kunden vom Graphen-Hersteller bestimmte grundlegende Daten, die derzeit noch gar nicht verfügbar sind. Das sind allerdings Hindernisse, die von unserer Seite aus nicht bewältigt werden können.“

Vor diesem Hintergrund arbeitet das POLYGRAPH-Konsortium eng mit der Initiative „Graphene Flagship“ zusammen, um Wissenschaft und Industrie miteinander zu verbinden und so die Forschung der einen Seite besser auf die Anforderungen der anderen Seite auszurichten. Dies könnte es Coventive Composites letztendlich ermöglichen, innovative Lösungen für Einsatzzwecke wie EMI-Abschirmungen oder die Enteisung von Rotorblättern an Windturbinen auf den Markt zu bringen.

PROJEKT

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

KOORDINIERT DURCH

NetComposites Limited, Vereinigtes Königreich

FINANZIERT UNTER

FP7-NMP

PROJEKTWEBSITE

polygraphproject.eu



CORDIS Results Pack

Online in sechs Sprachen verfügbar: cordis.europa.eu/article/id/401207

Herausgegeben

im Namen der Europäischen Kommission durch CORDIS im
Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union
2, rue Mercier
L-2985 Luxemburg
LUXEMBURG

cordis@publications.europa.eu

Redaktionelle Koordination

Zsófia TÓTH, Silvia FEKETOVÁ

Haftungsausschluss

Online-Projektinformationen und Links, die in der aktuellen Ausgabe des CORDIS Results Pack veröffentlicht werden, sind zum Zeitpunkt der Veröffentlichung korrekt. Das Amt für Veröffentlichungen kann nicht für Informationen, die veraltet sind, oder Websites, die nicht mehr aktiv sind, verantwortlich gemacht werden. Weder das Amt für Veröffentlichungen noch jegliche Personen, die in seinem Namen handeln, sind verantwortlich dafür, wie Informationen, die in dieser Veröffentlichung enthalten sind, genutzt werden, oder für jegliche Fehler, die im Text trotz der Bemühungen, diese zu vermeiden, enthalten sind.

Die Technologien, die in dieser Veröffentlichung vorgestellt werden, sind gegebenenfalls durch Rechte des geistigen Eigentums geschützt.

Dieser Results Pack ist eine Kooperation zwischen CORDIS und der Generaldirektion Kommunikationsnetze, Inhalte und Technologien (GD CONNECT)

Printed by the Publications Office in Luxembourg

PRINT	ISBN 978-92-78-41903-5	doi:10.2830/183879	ZZ-AK-18-005-DE-C
PDF	ISBN 978-92-78-41891-5	doi:10.2830/12244	ZZ-AK-18-005-DE-N

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2019
© Europäische Union, 2019

Die Wiedergabe ist nur mit vollständiger Quellenangabe gestattet.
Die Weiterverwendung von Kommissionsdokumenten ist durch Beschluss 2011/833/EU (ABl. L 330 vom 14.12.2011, S. 39) geregelt.
Die Genehmigung für die Verwendung oder Vervielfältigung von Fotos oder anderen Materialien, die nicht unter dem Urheberrecht der EU stehen, muss direkt von den Rechteinhabern eingeholt werden.
Titelbild © Kid A, Shutterstock

NEUER CORDIS RESULTS PACK ZUM THEMA WASSERINNOVATION

Tauchen Sie ein in unseren neuesten Results Pack zum Thema Wasserinnovation, dessen Schwerpunkt auf zehn EU-finanzierten Projekten liegt, die innovative Technologien entwickelt haben, um die langfristige und nachhaltige Wasserversorgungssicherheit Europas zu gewährleisten.



Sehen Sie sich den Pack an unter:
cordis.europa.eu/article/id/401167



Amt für Veröffentlichungen
der Europäischen Union



Folgen Sie uns auch in den sozialen Medien!
facebook.com/EULawandPublications
twitter.com/CORDIS_EU
youtube.com/CORDISdotEU

DE