
ФІЗИЧНІ, ХІМІЧНІ ТА ІНШІ ЯВИЩА, НА ОСНОВІ ЯКИХ МОЖУТЬ
БУТИ СТВОРЕНІ СЕНСОРИ

PHYSICAL, CHEMICAL AND OTHER PHENOMENA,
AS THE BASES OF SENSORS

УДК 681.586

НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ З ФІЗИКИ І ПЕРСПЕКТИВИ
ВИКОРИСТАННЯ ГРАФЕНУ В СЕНСОРИЦІ

Я. І. Лепіх

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
тел/факс +38(048) 723–34–61
E-mail: ndl_lepikh@onu.edu.ua

НОБЕЛІВСЬКА ПРЕМІЯ З ФІЗИКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ
ГРАФЕНУ В СЕНСОРИЦІ

Я. І. Лепіх

Анотація. У повідомленні, яке передуватиме черговій статті у нашому журналі про графен, коротко інформується про можливі перспективи застосування у сенсорній електроніці одноатомного шару вуглецю — графену, за дослідження якого присуджена Нобелівська премія за 2010 рік. Дається коротка інформація про лауреатів премії А. Гейма і К. Новосьолова, колишніх громадян СРСР.

Ключові слова: Нобелівська премія, графен, сенсорна електроніка

THE NOBEL PRIZE IN PHYSICS AND PROSPECTS OF GRAPHEN USE IN SENSORICS

Ya. I. Lepikh

Abstract. In the message which forestall next article about graphen in our Journal is given brief information on possible prospects of application in sensor electronics of carbon one-nuclear layer — graphen for which researches has been gave Nobel Prize for 2010. The brief information on premium winners — A. Game and K. Novoselov the USSR former citizens is given.

Keyword: Nobel Prize, graphen, sensor electronics

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ПО ФИЗИКЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФЕНА В СЕНСОРИКЕ

Я. И. Лепух

Аннотация. В сообщении, которое предваряет очередную статью про графен в нашем журнале, коротко информируется о возможных перспективах применения в сенсорной электронике одноатомного слоя углерода — графена, за исследования которого присуждена Нобелевская премия за 2010 год. Дается краткая информация о лауреатах премии А. Гейме и К. Новоселове, бывших гражданах СССР.

Ключевые слова: Нобелевская премия, графен, сенсорная электроника

Найбільш престижна у світі Нобелівська премія за 2010 рік присуджена за дослідження графену — одноатомного шару вуглецю двом фізикам — Андрію Геймові і Костянтину Новоселову, які, між іншим, народилися, училися і почали свою наукову діяльність в СРСР (Росії). Останнє дало підстави прем'єр-міністру Росії В. Путіну у вітальній телеграмі зауважити, що звістка про їх премію «була зустрінута в Росії з великим ентузіазмом і гордістю» (— За що? — Я. Л.).

Цікаво, що на запрошення в Росію А. Гейма і К. Новоселова для участі у проєкті «Сколково» А. Гейм відповів «Я вважаю, Кремнієвого Сколково ніколи не вийде. Для мене це звучить так само, як би у 90-х роках почали б створювати електровакуумне Сколково, коли вже поїзд давно пішов від вакуумних ламп до транзисторів».

Цього разу, осмілимося зазначити, рішення Нобелівського комітету не викликало на відміну від рішення 2009 р. здивувань високою оцінкою певних фізичних досліджень. Адже справді від графену можна очікувати революційних, якісно нових змін в електроніці і не тільки в ній, а й в інших галузях науки і техніки. У таких оцінках сходиться більшість фізиків.

Приємно зазначити також, що такий прогноз був виголошений ще до рішення Нобелівського комітету на нашій 4-ій Міжнародній науково-технічній конференції «Сенсорна електроніка і мікросистемні технології» у червні 2010 р. в доповіді Ф. Т. Васька, П. М. Романця, М. В. Стріхи «Радіаційно обумовлена нерівноважність носіїв у графені», зробленою Максимом Віталійовичем Стріхою [1], а згодом в його ж оглядовій статті у нашому журналі [2], яка також випередила рішення Нобелівського комітету. Останнє дає нам привід жартувати, що ці аргументи — доповідь і стаття, були вирішальними при прийнятті рішення Коміте-

том. А без жарту — редколегія нашого журналу справді бачить великі перспективи досліджень і радикальних практичних змін у мікро- нано- і взагалі у всій електроніці, що базується на знаннях про графен, які швидко накопичуються, і на принципово доступних технологічних методах.

У згаданих доповіді і статті [1,2], зокрема, вказувалося на колосальні перспективи графену у створенні надвисокочастотного МДН транзистора — основного елемента інтегральної електроніки, що базується на більшій у чотири рази рухливості носіїв зарядів, ніж у кремнії. Але щоб перейти від кремнію до графену, потрібно домогтися в ньому відмінної від нуля ширини забороненої зони. Заборонену зону в самому графені створити складніше, ніж у нових речовинах, синтезованих на його основі.

Дотепер вдалося одержати дві його сполуки — оксид і гідрид графена. Але в обох є недоліки, через які їх складно буде застосовувати в мікроелектроніці: у них неоднорідна структура і вони недостатньо стійкі.

Графен дозволяє одержувати безліч нових речовин на його основі. Недавно нобелівські лауреати у співавторстві з великою групою вчених з Великобританії, Китаю, Голландії, Польщі і Росії повідомили про те, що синтезували вже третю сполуку графена з іншими хімічними елементами — фторографен. Як і інші сполуки, він є напівпровідником, але відрізняється від них більшою термічною і хімічною стійкістю. А за механічною міцністю поступається графену усього лише в три рази.

На думку вчених, фторографен знайде застосування не тільки в графеновій мікроелектроніці, але і, наприклад, як альтернатива тефлону в різних захисних покриттях.

Виходячи з того, що графен, маючи гексагональну ґратку, практично всім об'ємом відкри-

тий для навколишнього середовища, він може бути дуже цінним матеріалом для сенсорів газів [2]. В [3] показано, що приєднання навіть однієї молекули до поверхні чутливого шару з графену мікронного розміру призводить до суттєвої зміни його електричного опору.

Інші фізичні властивості графену можуть бути використані у створенні біосенсорів, фотovoltaїчних перетворювачів тощо.

Вражають темпи переходу результатів досліджень із академічних лабораторій у виробництво — вже у 2009 році обсяг виробництва графену сягнув тон. А вчені Японії і Південної Кореї — спільними зусиллями отримали лист графену на підкладці з діагоналлю 75 см і застосували його для сенсорного екрана [4].

З огляду на вищесказане наш журнал і надалі буде приділяти достатню увагу дослідженням цього перспективного для сенсорної електроніки напрямку. У даному номері публікується ще одна оглядова стаття по фізиці і технології графену за авторством М. В. Стріхи.

А перед тим ми подаємо короткі витяги з різних джерел з інтерв'ю з одним із співавторів досліджень графену і лауреатом Нобелівської премії керівником Центру мезоскопічної фізики і нанотехнологій Манчестерського університету (Велика Британія) Андрієм Геймом, оскільки, як на нашу думку, вони можуть бути не тільки цікавими, а і повчальними для читачів і авторів нашого журналу, а також і для тих, хто мав би піклуватися про українську науку.

Отже спочатку біографічні довідки

Андрій Костянтинович Гейм народився в 1958 році у Сочі, у родині інженерів. У 1975 році закінчив із золотою медаллю середню школу у Нальчику, столиці Кабардино-Балкарії. В одному з інтерв'ю сказав, що почуває себе європейцем, але на 25 % — кабардинобалкарцем.

Після школи поступав до МФІ, але невдало, вважає, що перешкодило походження — він є етнічним німцем. Працював біля року на Нальчицькому електровакуумному заводі, потім поступив до МФТІ, який закінчив у 1982 році з відзнакою ("четвірка" була лише одна — по політекономії соціалізму).

Поступив до аспірантури і через п'ять років захистив кандидатську дисертацію в Інституті фізики твердого тіла Академії наук СРСР. Працював там же, а із створенням Інституту проблем технології мікроелектроніки та особливо чистих матеріалів перейшов туди.

У 1990 році одержав стипендію Королівського наукового товариства Великобританії, працював в університетах Англії, Данії, Нідерландів.

З 2001 року — в Університеті Манчестера. Почесний професор Делфтського технічного університету, Вищої технічної школи Цюріха, Антверпенського університету.

У 2008 році одержав запрошення очолити Інститут Макса Планка в Німеччині, але відмовився. Дружина Ірина Григор'єва працює разом з ним.

Серед наукових досягнень — створення особливого клейкого шару, що одержав назву "стрічки геккона", а також експерименти з магнітною левітацією, за які разом з відомим фізиком сером Майклом Берри був визнаний гідним Шнобілівської премії — жартівної "антинобілівки".

Костянтин Новосьолов народився 23 серпня 1974 р. у місті Нижній Тагіл. У 1997 р. він закінчив з відзнакою факультет фізичної і квантової електроніки МФТІ за спеціалізацією «наноелектроніка». Після закінчення інституту майбутній лауреат два роки працював і вчився в аспірантурі в Інституті проблем технології мікроелектроніки РАН у Черноголовці.

У 1999 р. К. Новосьолов переїхав у Нідерланди, де вступив до аспірантури в Університет Неймегена до Андрія Гейма, з яким у 2001 р. молодий вчений перейшов у Манчестерський університет. Сьогодні К. Новосьолов є професором і членом Королівського наукового товариства Манчестерського університету.

Нижче подаються окремі вислови лауреата А. Гейма з різних інтерв'ю

«У 1987 році я закінчив свою кандидатську дисертацію — розповідає А. Гейм. Тема — "Дослідження ультрарешітчастих металів методом геліконного резонансу" — настільки ж нецікава, як і зміст роботи. Тоді я для себе вирішив, що речами, що були мертвими вже двадцять років тому, більше ніколи займатися не буду, спробую пошукати нову експериментальну систему і досліджувати її. Це вдалося — роботи того часу одержали визнання. Я був по суті справи у чотирьох місцях — і в Росії, і в Копенгагені, і в Баті, і в Ноттингемі... Щоразу, коли переходиш з одного університету до іншого, природньо, приходиться вивчати нову техніку, нові умови, брати новий напрямок роботи. І я знову спробував знайти свою, унікальну нішу — теж

вийшло цілком успішно. Опублікував у престижних журналах кілька статей по темі "Мікроскопічна надпровідність". Але коли запас знань і методик великий, хочеться спробувати щось нове. Тому я вигадав певну ідеологію для

самого себе: у вільний від роботи час треба пробувати те-се, п'яте-десяте. І час від часу якісь експерименти ставив, зазвичай за допомогою студентів-дипломників. Один з них одержав популярність — це левітація».



Андрій Гейм, його дружина — Ірина і КонстантинНовосьолов (справа наліво) у своїй лабораторії (фото з особистого архіву Андрія Гейма)

«Вже існують маленькі компанії, і їх багато, що продають певні матеріали з графену для наукових досліджень. Скажімо, що виробляють чорнило тощо. Обсяг продажів по всьому світі — кілька мільйонів доларів на рік. І це потрясає, оскільки в історії ще не було матеріалу, що протягом п'яти років з академічної лабораторії перестрибнув в індустріальне виробництво. Зазвичай це вимагає десятки років, як було, наприклад, з тефлоном. Кремнієві взагалі треба було сторіччя. Хоча багато говорять про те, що це буде переворот в електроніці — графен замість кремнію, але поки це мрія. Люди працюють, але втілення далеко за межами сьогоденного обр'ю. Всі обіцянки — порожні на сьогодні. Але між початковою і кінцевою точками існує купа можливих застосувань».

«Недавно я був на Samsung, вони мені показали свою графенову карту — план по створенню пристроїв на основі графена. Між сьогодніш-

нім днем і 2025 роком у них проставлено 50–100 варіантів можливого застосування. Один з перших, для якого, як вони говорять, буде потрібно всього один-два роки, — тачскрин на мобільних телефонах, покритий графеном».

«Патенти на графен, на різні варіації, напевно, існують у сотні людей. Ми думали про те, щоб запатентувати його, але патент був би настільки широким, що його неможливо захистити. Я якось на конференції розговорився з представником однієї з найбільших у світі компаній по електроніці і сказав йому, що в нас є практично готовий патент. Запитав, чи готова його компанія взяти участь, тому що підтримувати патент і захищати — справа дуже дорога і складна. А він відповів: "Так, ми стежимо за графеном, і, якщо раптом років через п'ятнадцять знайдемо, що це дійсно важлива система, ми посадимо сто патентознавців, кожний з яких напише сто патентів у день. І ви витратите усе

своє життя, щоб нас засудити". Тоді я зрозумів, що патенти, особливо широкі, роблять багатими тільки патентознавців».

«Російський фонд фундаментальних досліджень був єдиною структурою, що роздавала гроші за конкурсом, тобто на підставі наукових заслуг. Уся решта грошей у Росії йдуть не за конкурсом, а за зв'язками, посадами і т.п. В Англії система така: якщо в мене немає грантів, що отримані за конкурсом, я собі ручку не можу за рахунок університету купити. Як говорила Аліса в Країні чудес, щоб стояти на тому ж самому місці, треба увесь час бігти. У Росії цього немає. Тим, хто бігти не хоче, а хоче командувати, це дуже вигідно. А тим, хто все-таки намагається щось зробити, приходиться плисти в дуже в'язкому середовищі. Мене недавно попросили охарактеризувати стан російської науки двома словами. Я згадав Карамзина і нове російське слово, про яке довідався недавно, і вимовив тільки одне слово — "откатывают".

«Наше суспільство хоче хліба і видовищ, і останні тридцять років на науку йде постійний наступ. Тому приходиться багато чого пояснювати і простим людям, і правителям, які тільки здаються великими, недосяжними і всезначу-

щими. А коли з ними зустрінешся, розумієш: вони теж нічого не розуміють у науці, та й в інших областях зовсім не експерти».

«Політкоректним я не став, але перестав висловлюватися про те, у чому не так сильно упевнений. Тому коло тем, з яких я можу висловлюватися з ехидством, звузилося. Але кількість дивних справ, від яких неможливо відмовитися, зросло».

Література

1. Васько Ф. Т., Романець П. М., Стріха М. В. Радіаційно обумовлена нерівноважність носіїв у графені. Зб. тез. 4^{ої} Міжнародної наук. — тех. конф. «Сенсорна електроніка і мікросистемні технології», «Астропринт», 2010. — С. 34–35.
2. Стріха М. В. Фізика графену стан і перспективи // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології — № 3. — Т. 1(7). — 2010. — С. 5–13.
3. Scheolin F., Geim A. K., Morozov S. V., Hill E. W., Bilaka P. Katsnelson M. J., Novoselov K. S. Detection of Individual Gas Molecules Absorbed on Graphene. // Nature Materials. 6., 652 (2007).
4. Su Kong Bae et al., Roll-to-roll produktion of 30-inch graphene films for transparent electrodes. // Nature Nanotechnology. Publifed online: 20 June 2010.