

Grafé versus Silici, cap a una nova revolució tecnològica?



Jesús Yáñez Muñoz

Professor de Tecnologia - IES Gata de Gorgos

Des que, pels volts de l'any 1959, Richard Feynman va pronunciar el seu famós discurs a l'Institut de Tecnologia de Pasadena (Califòrnia), en què va dir per primera vegada la mítica frase "*There is plenty of room at the bottom*" (Hi ha molt d'espai al fons), la tecnologia a escala atòmica o nanomètrica (*nanotecnologia*) va començar a desenvolupar-se de forma exponencialment creixent al llarg dels anys.

Feynman, Premi Nobel de Física el 1965, va parlar sobre la possibilitat de fabricar, manipular i controlar objectes de dimensions molt petites, des d'una perspectiva diferent a la d'aquell moment, obrint tot un món nou de possibilitats en aquest camp. I és que el que en aquell moment semblava sols el somni d'un científic, el pas del temps ha demostrat que és possible convertir-lo en una realitat. Entre altres coses, al seu discurs va dir que "*... en el món d'allò molt, molt petit, moltes coses noves poden succeir, perquè els àtoms es comporten de manera diferent a com ho fan els objectes a major escala, doncs han de satisfer les lleis de la mecànica quàntica... A nivell atòmic apareixen nous tipus de forces, noves possibilitats, nous efectes...*" (la transcripció completa del discurs en: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>).

Tot i que el discurs de Feynman va marcar les directrius a seguir en aquest terreny, va caldre que passaren més de 20 anys perquè les seues idees començaren a concretar-se: el 1981, Gerd Binnig i Heinrich Rohrer van inventar el microscopi d'efecte túnel (per la qual cosa se'ls concedí, el 1986, el Premi Nobel), descobriment que va possibilitar la visió i manipulació d'àtoms i molècules, i permetre així que moltes de les idees de Feynman pogueren començar a posar-se en pràctica.

El 1986, Kim Eric Drexler va publicar el llibre *Engines of Creation* en què imagina nanomàquines

o nanorobots capaços de construir, molècula a molècula, des d'ordinadors fins a maquinària pesada, amb un funcionament semblant al que realitzen els ribosomes i altres components moleculars en les nostres cèl·lules, autoreparant-se i construint-se a si mateixos, com a *motors moleculars* o engranatges moleculars que es menegen uns als altres. Drexler també va imaginar nanosubmarins capaços de moure's per les venes buscant antígens, com fan els leucòcits.

Això, que no era més que literatura el 1986, és una realitat autèntica a hores d'ara: existeixen *sistemes nanoelectromecànics* o *NEMS* (Nano-ElectroMechanical Systems), que suposen un pas previ als envers els motors moleculars de Drexler, ja que són peces o engranatges d'una grandària mínima de 100 nm (= 10^{-7} m, és a dir, la deu milionèsima part d'un metre) fabricats utilitzant tècniques d'atac químic, elèctric o fotònic sobre un apilament de materials diferents, com ara els polímers o el silici. Perquè ens fem una idea de l'escala de grandària, un àcar de la pols seria més gran que un d'aquests nanoengranatges.

Així mateix, actualment es comercialitzen més de 150 fàrmacs en forma nanoestructurada, utilitzant diversos tipus de *nanovehicles* o *nanosubmarins* per a la seua administració per via oral, intravenosa, inhalada o tòpica. Alguns investigadors han construït vesícules artificials o liposomes, que són una espècie de *minicèl·lules* d'entre 20 i 100 nm de diàmetre, amb sols una membrana lipídica amb un líquid en el seu interior en què està dissolt el fàrmac que es vol alliberar en la cèl·lula malalta. També s'està investigant la fabricació de *bionanopartícules*, a més de la possibilitat d'encapsular molècules actives en l'interior de *fullerenos* o fer-les desplaçar-se al llarg de *nanotubs de carboni*, entre altres aplicacions nanomèdiques. Fins i tot, sistemes de microfluids i nanomecanismes capaços de filtrar glòbuls rojos de la sang d'un pacient.

I, arribats en aquest punt, us deueu preguntar, segurament, què té tot això a veure amb el *grafé*. Doncs la veritat és que moltíssim. El grafé és una substància formada per àtoms de carboni, disposats en forma hexagonal regular, semblant al grafit, però en una fulla de tan sols un àtom de grossària (és a dir, nanomètrica).

És, per tant, pràcticament bidimensional i molt lleuger: una làmina d'un metre quadrat té una massa de tan sols 0.77 mg.

Sense entrar en massa detall, podem dir que el grafé és un al·lòtrop del carboni format per àtoms de carboni i enllaços covalents amb estructura hexagonal (com un niu d'abelles). En essència, està constituït per un sols pla atòmic de grafit, però és

més difícil d'obtenir que aquest. Si férem traços en un paper amb un llapis de grafit i els poguérem observar amb un microscopi, podríem veure làmines de grafé. De fet, l'estructura del grafit es pot considerar com a una gran quantitat de làmines de grafé superposades.

Així doncs, el grafé és el component estructural bàsic de tota la resta d'elements gràfics, incloent-hi el mateix grafit, els *nanotubs de carboni* i els *fullerenos*. En realitat, l'enllaç químic i l'estructura del grafé van ser descrites ja fa prou anys (al voltant de l'any 1930), però no se li va donar massa importància en un principi atesa la seua inestabilitat. Investigacions posteriors, ja recents, dutes a terme pels científics russos, Andre Geim i Konstantin Novoselov, que van arribar a aïllar la nanoestructura bidimensional del grafé a temperatura ambient de manera estable, els va suposar obtenir el Premi Nobel de Física el 2010.

I, d'aleshores ençà, les possibilitats reals d'una tecnologia basada en el grafé van multiplicant-se ràpidament; tant que hom preveu, fins i tot, que arribe a ser un possible substitut del silici en un termini relativament curt de temps, sobretot, per les seues fabuloses propietats tècniques, entre les que podem destacar:

- Gran flexibilitat, elasticitat i lleugeresa (més encara que la fibra de carboni).

- És transparent.

- Elevada conductivitat tèrmica i elèctrica, i baixa resistivitat, amb menors pèrdues per efecte Joule.

- Menor consum d'electricitat que el silici (per a una mateixa tasca).

- Duresa molt elevada (unes 200 vegades major que la de l'acer i quasi igual a la del diamant).

- Possibilitat de reaccionar químicament amb altres substàncies per a produir compostos de propietats diferents.

- Pot dopar-se, introduint-ne impureses per tal de canviar el seu comportament, fent que pugui millorar encara més la seua conductivitat.

Aquestes propietats fan del grafé un material ideal per a utilitzar-lo com a component en circuits integrats, si bé la dificultat d'utilitzar-lo radica en la producció del mateix material en un substrat adequat. Actualment, aquest és un camp molt actiu d'investigació, i s'està treballant en l'obtenció de capes de grafé suportades sobre diferents materials, com ara polímers o aïllants. Tot i això, l'any 2008, la companyia IBM anuncià que havia fabricat transistors basats en grafé que operaven amb freqüències de 26 GHz que, el setembre de 2010, arribaven als 100 GHz, la qual cosa podria corroborar les seues possibilitats de substituir el silici en un futur pròxim.

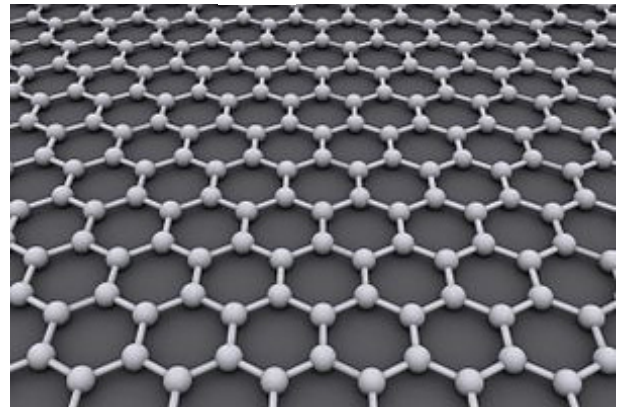
El silici, insubstituïble

No obstant això, no tota la comunitat científica comparteix aquesta idea. El famós científic holandès Walter de Heer afirmà: "*El grafé mai no substituirà*

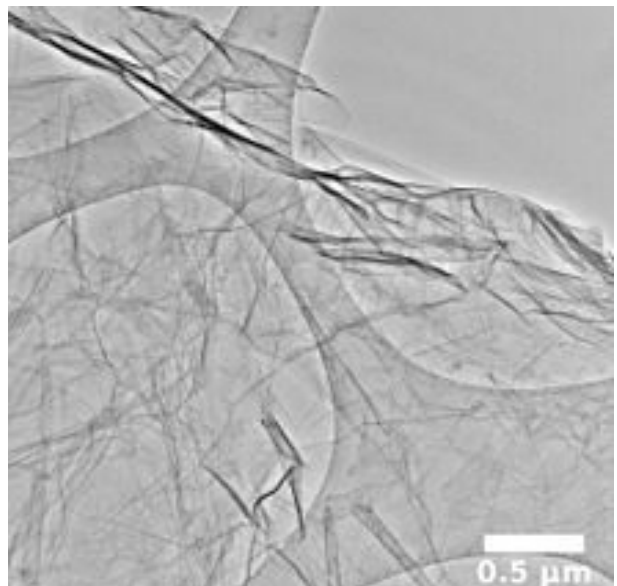
el silici. Ningú que conega aquest món pot dir això seriosament. Simplement farà algunes coses que el silici no pot fer. És com amb els vaixells i els avions. Els avions mai no han substituït els vaixells".

Malgrat aquestes opinions reticents, sembla que ja existeix algun prototip en el mercat amb un dispositiu electrònic basat en el grafé: una mena de *tablet pc* (el nom concret és *phone tablet*) transparent, ultraflexible i molt lleugera que, a més de realitzar les funcions habituals d'un telèfon i una *tablet*, es pot doblegar i transformar fàcilment en rellotge de polsera. El dispositiu es va exhibir recentment com a una revolucionària novetat a la fira-certàmen de noves tecnologies i telecomunicacions celebrada el mes de febrer a Madrid.

I, si deixem volar un poc la imaginació, qui sap si, d'ací a no res, podem gaudir d'un ordinador quàntic (ja n'hi ha algun prototip funcional d'alguns pocs *qbits*, segons Ignaci Cirac, director de l'Institut Max Planck) ultra ràpid, ultra lleuger i ergonòmic, basat en la tecnologia del grafé? Sens dubte, la nova revolució tecnològica del segle XXI no ha fet sinó començar...



Recreació gràfica de l'estructura del grafé.
Imatge: materialesnano.com.



Micrografia del grafé per microscopia electrònica.
Imatge: materialesnano.com