



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE



Tesi di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

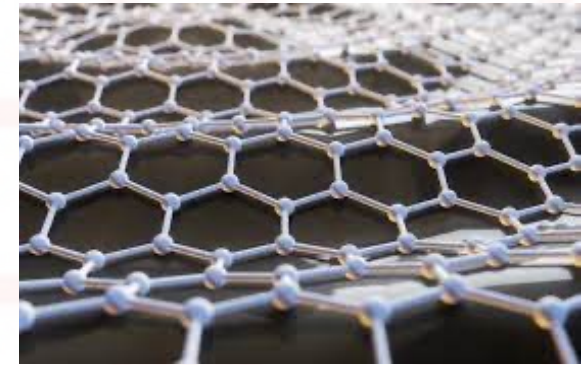
GRAFENE: PROPRIETA', SINTESI E POSSIBILI APPLICAZIONI IN CAMPO AEROSPAZIALE

Relatore: Prof. Roberta Bertani

Laureanda: ELENA LAZZARIN

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

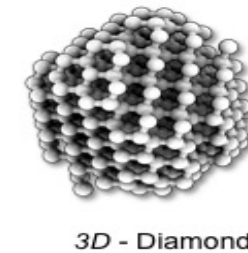
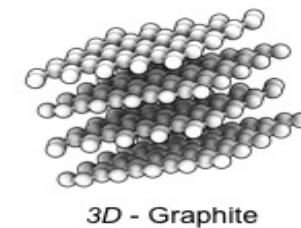
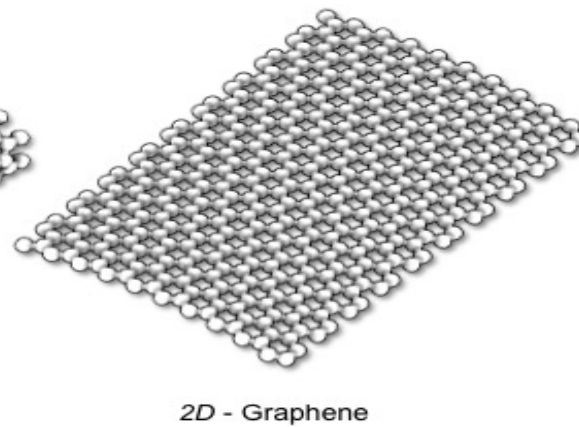
INTRODUZIONE



GRAFENE: Strato monoatomico di atomi di carbonio organizzati secondo una conformazione cristallina a celle esagonali



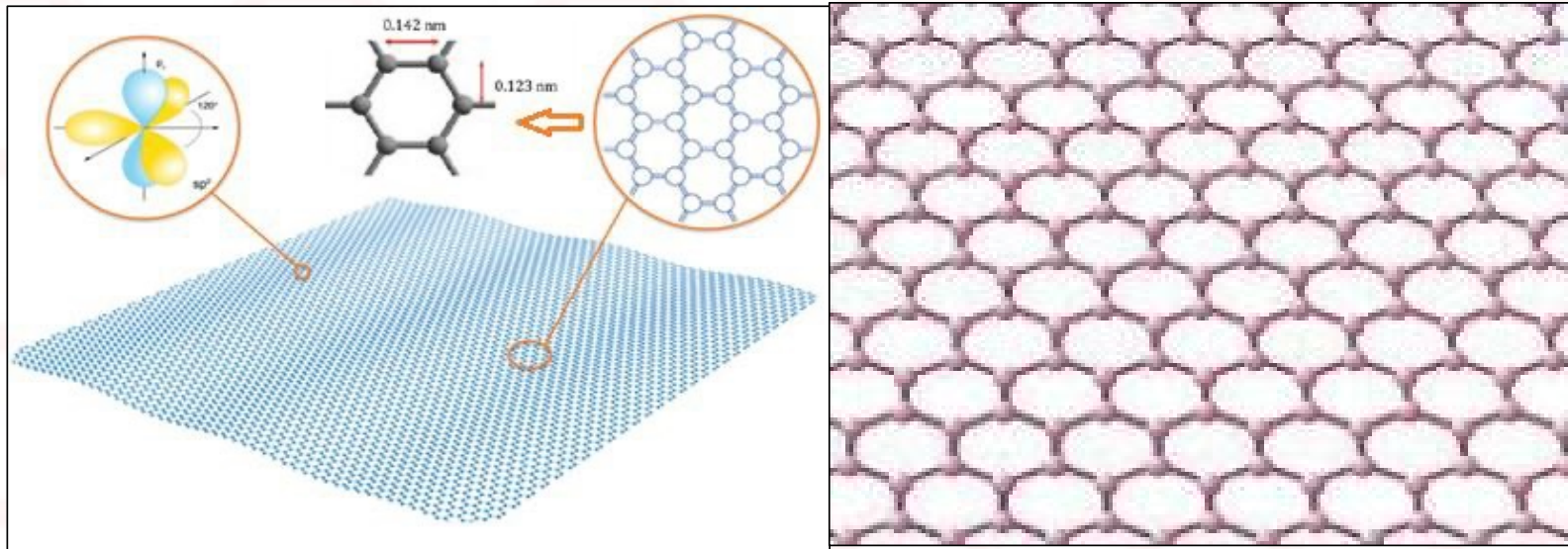
È la struttura di base di tutti gli allotropi del carbonio come il fullerene, i nanotubi di carbonio, la grafite



IL GRAFENE

L'atomo di carbonio costituisce l'elemento fondamentale del grafene.

Nella configurazione elettronica del materiale tutti sono ibridizzati sp^2 , legati da forti legami σ e disposti in modo da formare esagoni con angoli di 120° , con una distanza tra gli atomi pari a 0,142 nm.



È il primo vero esempio di materiale cristallino bidimensionale esistente a temperatura ambiente

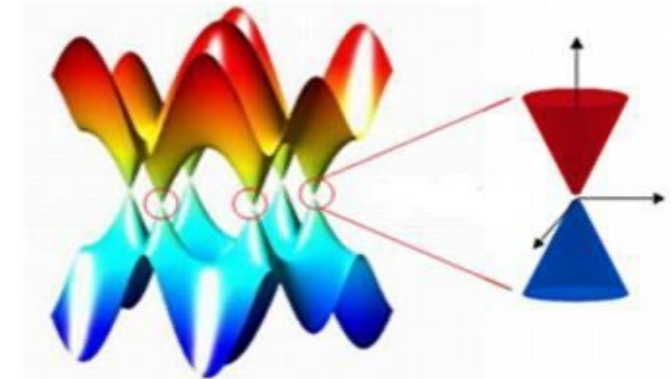
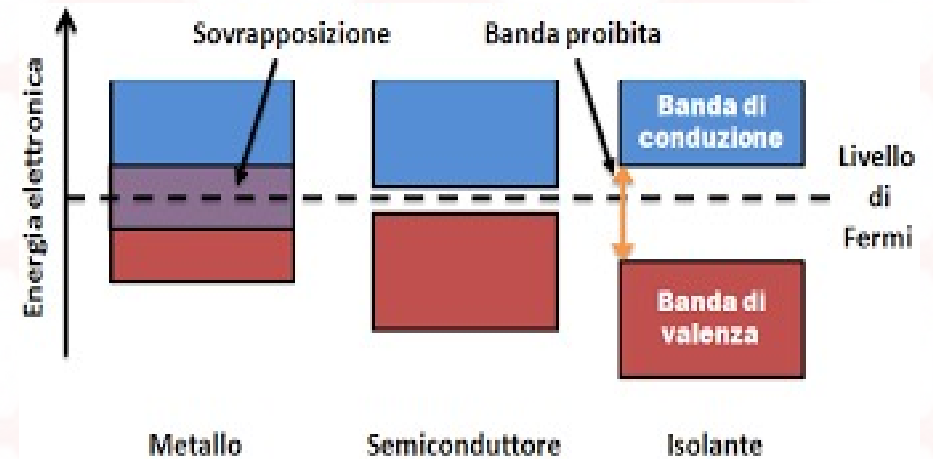
STRUTTURA A BANDE

La chimica-fisica del grafene è determinata dalla natura dello spettro di energia in prossimità dei «punti di carica neutra», punti in cui le bande sono a contatto.

In prossimità dei punti di carica neutra, le bande assumono una tipica forma conica



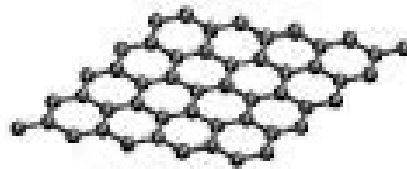
Il Grafene è l'unico materiale semiconduttore con energy gap NULLO



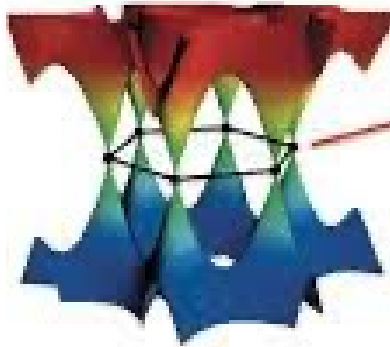
Per descrivere la conduzione degli elettroni in un materiale è necessario considerare la loro quantità di moto e l'interazione con gli atomi del reticolo cristallino. Possiamo considerare che l'energia degli elettroni sia dotata solo della componente cinetica:

$$E(\mathbf{k}) = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

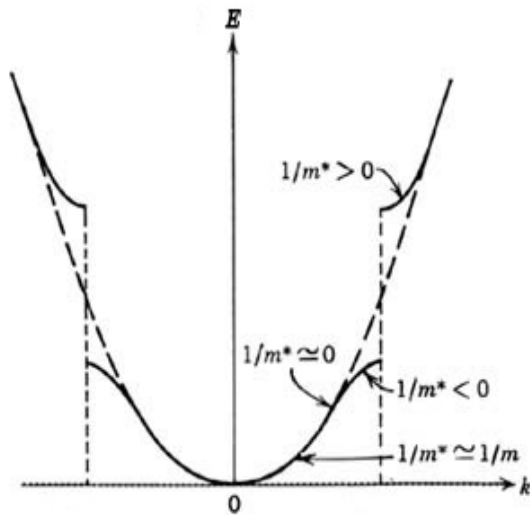
Graphene



Dirac Cones



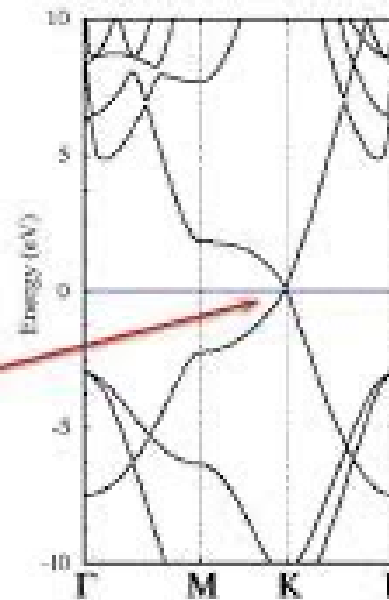
Elena Lazzarin



La curvatura della funzione energia risulta essere proporzionale alla massa dell'elettrone:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial k^2} = \frac{\hbar^2}{m}$$

Band Structure



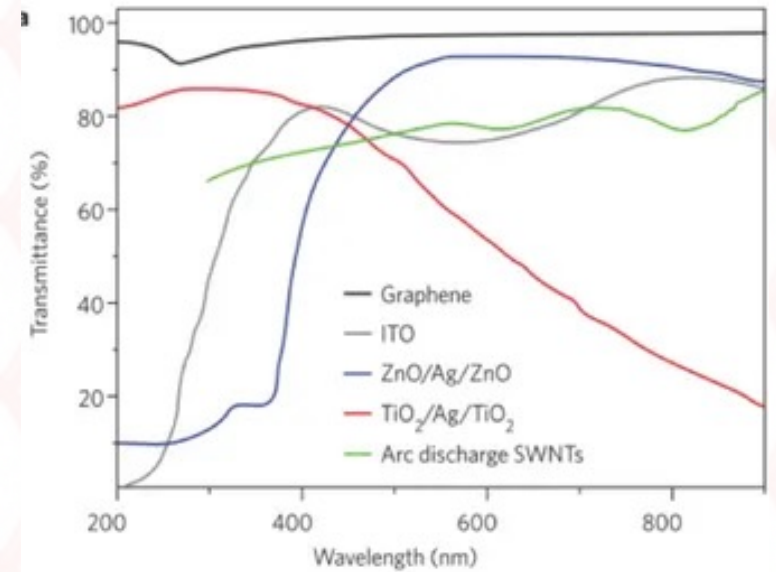
Nel caso del grafene, i portatori di carica sono liberi di muoversi come particelle prive di massa, avranno quindi una mobilità estremamente elevata

**IL GRAFENE È UN
ECCELENTE
CONDUTTORE
ELETTRICO**

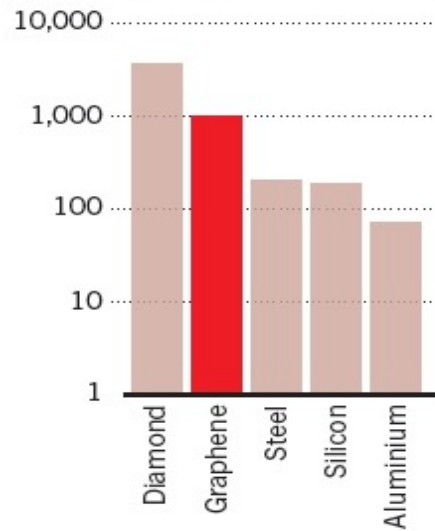
PROPRIETA' DEL GRAFENE



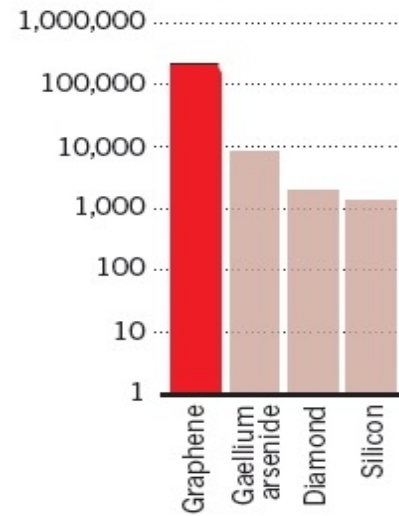
- ELETTRONICHE
- TERMICHE
- MECCANICHE
- OPTOELETTRONICHE



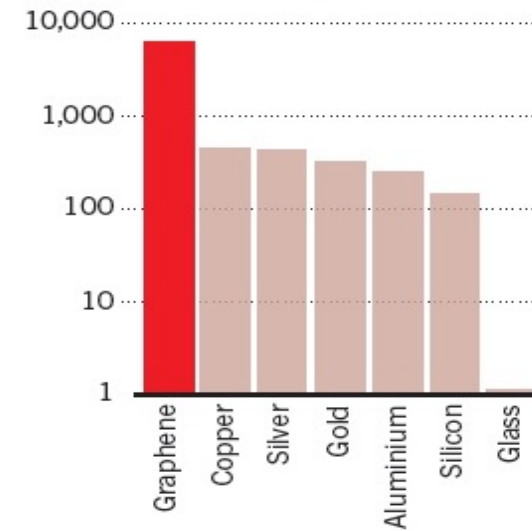
Stiffness (Young's modulus, GPa)



Electron mobility (cm V⁻¹ s⁻¹)



Thermal conductivity (W m⁻¹ K⁻¹)



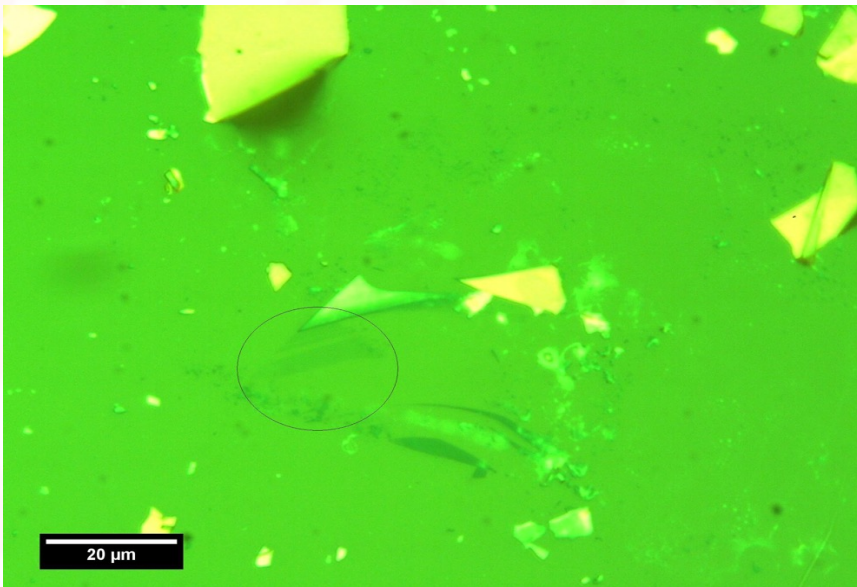
SINTESI DEL GRAFENE

- Esfoliazione meccanica: Scotch tape
- Esfoliazione chimica
- Metodi fisici
- CVD: Chemical Vapor Deposition

SCOTCH TAPE

Questa tecnica prevede l'uso di un adesivo con il quale si 'strappano' letteralmente degli strati di una particolare grafite.

Questo è possibile grazie alle deboli forze di Van der Waals con cui gli strati di grafite sono tenuti insieme



Risultato: fiocchi di grafene ad alta qualità, ottimi per esperimenti

Limite: tecnica difficilmente scalabile in un sistema industriale

ESFOLIAZIONE CHIMICA

Permette di sfruttare processi chimici per isolare singoli strati di grafene da una polvere di grafite sospesa in un solvente.

Sostanzialmente questa tecnica consiste nell'esfoliare grafite tramite dei solventi chimici.

Risultato: cristalli di grafene in grande quantità

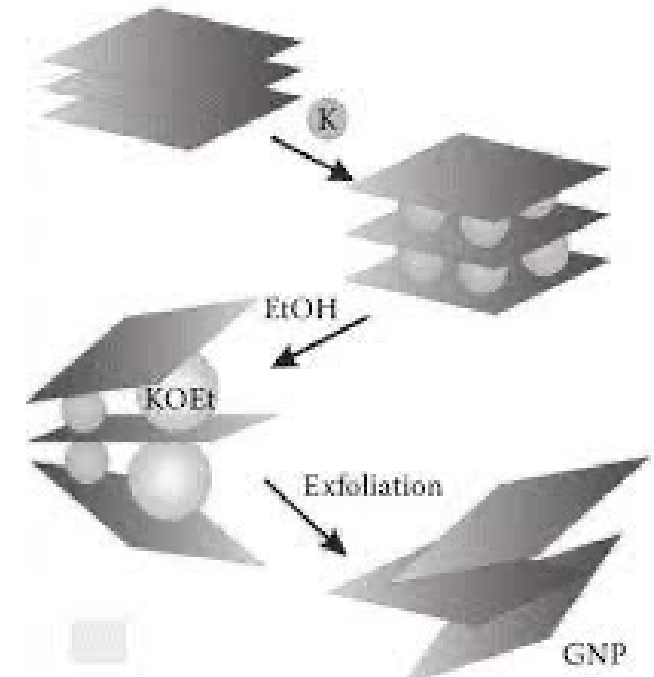
Limite: tecnica produce campioni di scarsa qualità e spesso imperfetti

METODI FISICI

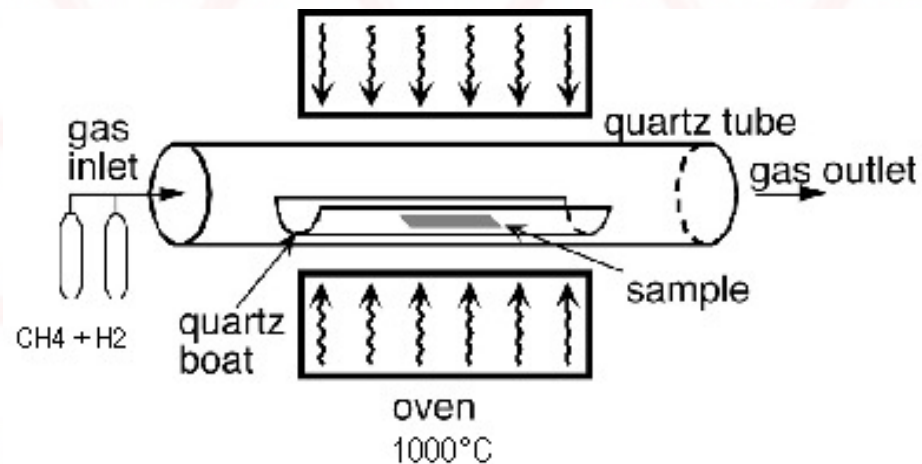
Le sintesi fisiche non prevedono l'esfoliazione di grafite per arrivare al singolo strato di grafene, bensì inducono la crescita del cristallo stesso attraverso reazioni ad alta temperatura con l'utilizzo di precursori.

Risultato: membrane di grafene a strato singolo, omogenee e uniformi

Limite: impossibilità di rimuovere il materiale dal substrato

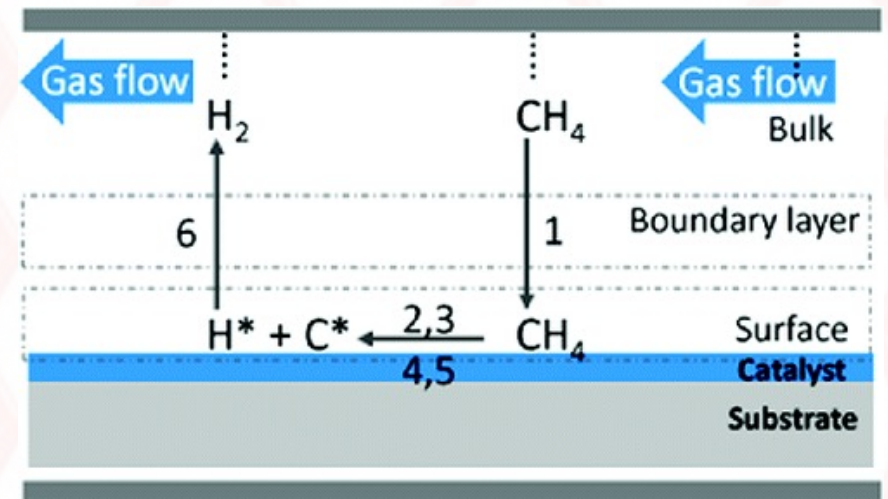


CVD: CHEMICAL VAPOR DEPOSITION



Viene depositato uno strato di materiale su substrati metallici attraverso la decomposizione di molecole di idrocarburi, che forniscono il carbonio necessario alla crescita di un film di grafene cristallino.

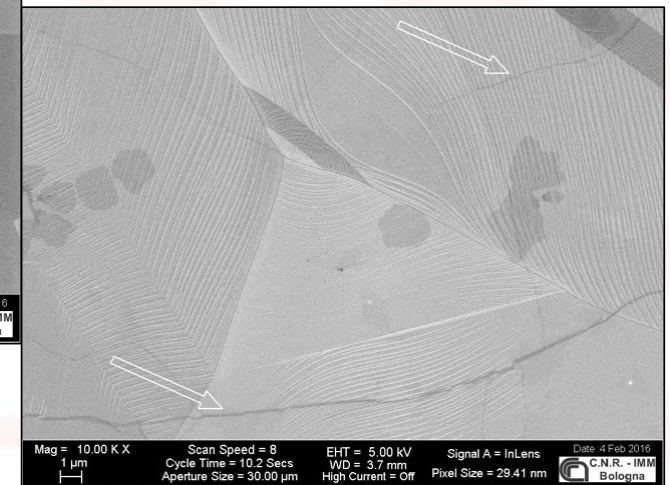
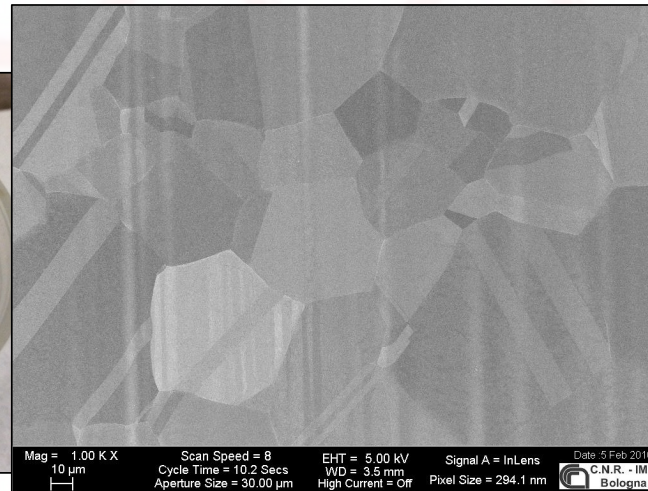
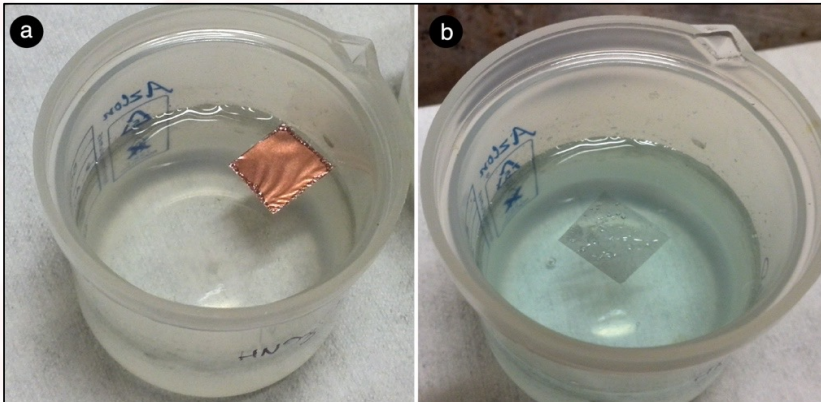
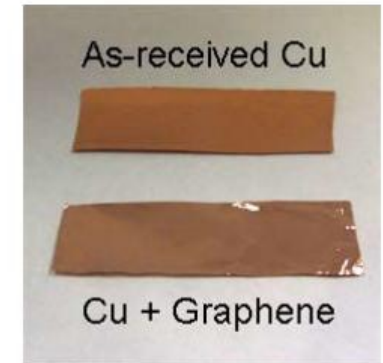
- Avvicinamento del precursore alla superficie del catalizzatore
- Assorbimento del metano
- Scissione della molecola
- Creazione dei nuovi legami (2H₂, C)
- Desorbimento degli scarti di reazione (2H₂)
- Allontanamento dell'idrogeno molecolare



Risultato: crescita di un film di grafene, composto da uno o più strati atomici, direttamente sul substrato metallico

Il passo successivo è quello di separare le membrane dai substrati e trasferirle su altri substrati opportuni, differenti a seconda del tipo di analisi.

Nel caso del rame, viene usata una soluzione di acido nitrico (HNO_3) in cui si otterrà sulla superficie il film di grafene.

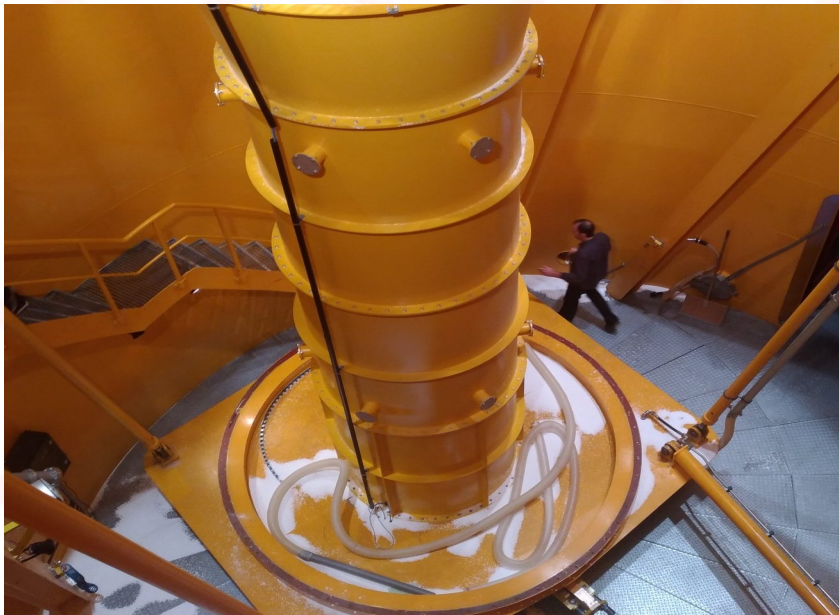


Si passa, per concludere, alla caratterizzazione della qualità del materiale utilizzando il microscopio elettronico a scansione; è di fondamentale importanza per avere un feedback sull'attività di sintesi.

POSSIBILI IMPIEGHI DEL GRAFENE ...IN CAMPO SPAZIALE

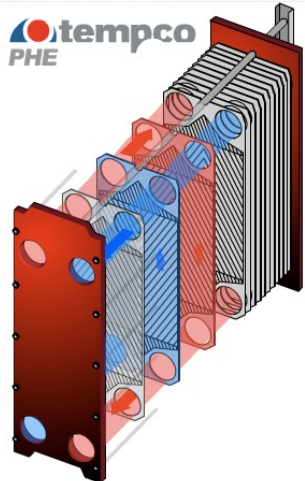
Nel futuro l'esplorazione spaziale avrà come protagonista il Grafene. Tante sono le applicazioni nel settore aerospaziale, si ipotizzano infatti vele solari per viaggiare tra le stelle, ascensori spaziali per condurre in orbita satelliti e astronauti senza l'utilizzo del carburante.

Inoltre i ricercatori del Graphene Flagship hanno sperimentato come rivestimenti a base di grafene possano migliorare l'efficienza degli scambiatori di calore, anche in condizioni di microgravità.



Elena Lazzarin

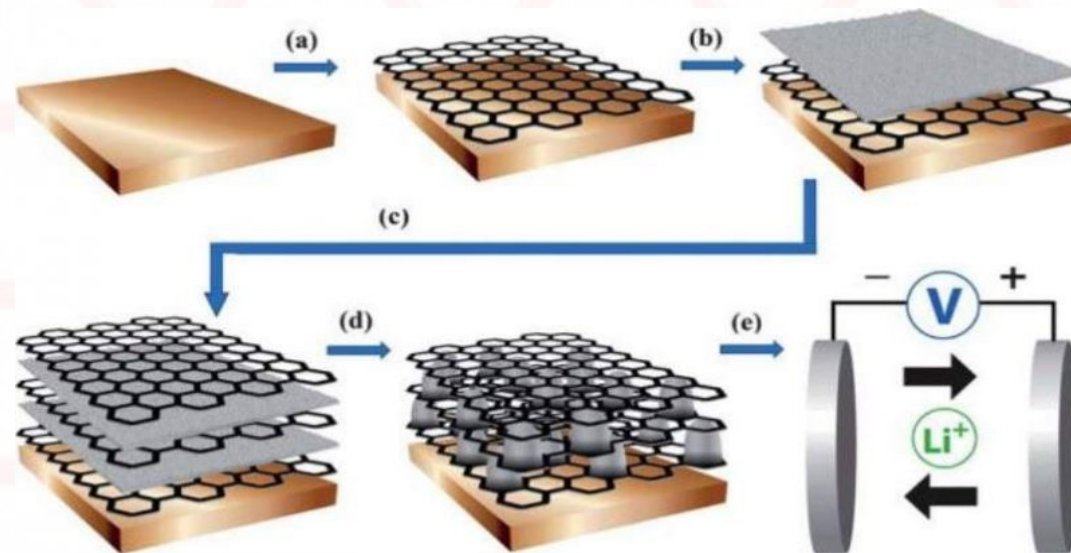




...E IN CAMPO AERONAUTICO

Il materiale sta già ottenendo riscontri positivi anche in campo aeronautico; al momento si sta lavorando per realizzare degli aerei ed elicotteri super leggeri e resistenti.

Nel campo delle aerostrutture il grafene viene utilizzato per studiare sistemi antighiaccio per le ali dei velivoli; mentre un aerogel a base di ossido di grafene potrebbe trovare impiego come isolante all'interno dei motori degli aerei.



Si sta sviluppando anche una batteria avanzata agli ioni di litio basata su un innovativo anodo realizzato con un materiale composito silicio-grafene.



CONCLUSIONI

In seguito alla descrizione delle proprietà del Grafene e dei suoi diversi metodi di sintesi , è lecito definirlo «Materiale della prossima era».

Si prevede che in futuro, quindi, si inventeranno delle applicazioni che prima del Grafene non erano affatto possibili, ovvero applicazioni in cui verrà utilizzato l'intero complesso delle singolari proprietà di questo materiale.

BIBLIOGRAFIA

- Graphene Flagship, (2018) New Technologies;
- Molinari Luca, (2012) Dall'Atomo ai Cristalli;
- Ashcroft, Neil W. ; Mermin, N. David Solid State Physics, Cengage Learning Emea. (1976);
- Industria Italiana, (2018) Leonardo investe sulle nanotecnologie e il grafene;
- G6 Materials, (2022) Graphene for advance Composites;
- Neil Savage. Super Carbon. 2012 Nature vol. 483 pag. S30;
- Flexenable, (2022) Understanding our technologies

GRAZIE PER L'ATTENZIONE