

» 56. SREČANJA MLADIH RAZISKOVALCEV SLOVENIJE
2022 «

SPOZNAJMO GRAFEN

Raziskovalna naloga

RAZISKOVALNO PODROČJE: kemija in kemijska tehnologija

AVTOR: Daniel Fišer

MENTOR: Teja Pintarič, prof.

ŠOLA: Osnovna šola Toneta Čufarja Maribor

Maribor, 2022

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Cilji naloge	1
1.2	Hipoteze	1
2	DEFINICIJA GRAFENA	2
2.1	Kaj je grafen?	2
3	LASTNOSTI GRAFENA	4
3.1	Struktura	4
3.2	Elektronske lastnosti	4
3.3	Optične lastnosti	5
3.4	Toplotna prevodnost	5
3.5	Mehanske lastnosti	5
3.6	Odpornost proti lomljivosti	5
3.7	Kemične lastnosti	6
3.8	Biološke lastnosti	6
4	ZGODOVINA GRAFENA	7
5	OBLIKA GRAFENA	9
5.1	Enoplastni grafen	9
5.2	Dvoplasten grafen	9
5.3	Grafenski nanotrakovi	10
5.4	Grafenov oksid	10
5.5	Grafenska vlakna	11
5.6	Stebričasti grafen	11
5.7	Ojačani grafen	12
5.8	Oblikovani grafen	12
5.9	Grafenski aerogel	12
5.10	Grafenska nanospirala	13
6	PROIZVODNE TEHNIKE	14
6.1	Eksfoliacija	14
6.2	Staljene soli	14
6.3	Termični razpad SiC	14
6.4	Kemijska parna depozicija	15
6.5	Tvorba na niklju	15
6.6	Tvorba na bakru	15

6.7	Paraliza z natrijem in etanolom.....	16
6.8	Rezanje nanocevk.....	16
6.9	Oksidacija ob pomoči mikrovalovanja.....	16
7	PRIMERI UPORABE	17
7.1	Fleksibilne litijeve ionske baterije	17
7.2	Shranjevanje vodika v 3D-mrežno nanostrukturo.....	18
8	MOŽNE UPORABE GRAFENA V PRIHODNOSTI	20
9	ZAKLJUČEK.....	21
10	VIRI IN LITERATURA	23
10.1	Literatura in knjižni viri.....	23
10.2	Spletni viri.....	23

KAZALO SLIK

Slika 1:	Primer sataste strukture grafenove plasti	3
Slika 2:	Struktura grafena	4
Slika 3:	a) slika enoplastnega grafena b) filtrirna slika	9
Slika 4:	Postopek pridobivanja nanotrakov s pomočjo rezanja nanocevk	10
Slika 5:	Stebričasti grafen	11
Slika 6:	Primer grafenovega aerogela.....	12
Slika 7:	Grafen, proizveden s termičnim razpadom SiC.....	15
Slika 8:	Prikaz fleksibilne baterijske strukture.....	18
Slika 9:	Nova 3D-mrežna nanostruktura, predlagana za boljše shranjevanje vodika.	19

POVZETEK

Namen moje raziskovalne je, da predstavim grafen, njegove lastnosti, pridobivanje in uporabo. Predstavil sem definicijo grafena, ter kako se razlikuje od ostalih ogljikovih alotropov. Predstavil sem tudi kratko zgodovino odkrivanja grafena. Osredotočil sem se na njegove lastnosti, zaradi katerih je material zelo zanimiv za raziskovalno področje. Lastnosti, ki so me še posebej pritegnile so elektronske lastnosti, toplotne in optične lastnosti. Predstavil sem tudi različne proizvodne tehnike, katere potekajo predvsem v laboratorijih. Ker je to material, ki se razvija predvsem v laboratorijih, je njegovo pridobivanje zelo drago, kar je vzrok, za počasen razvoj tega materiala. Ker ima grafen zelo dobre lastnosti, lahko sklepam, da bo nekoč prišlo do široke uporabe le tega.

KLJUČNE BESEDE: grafen, grafenski nanotrakovi, grafenov oksid, grafenska vlakna, grafenski aerogel, eksfoliacija, litijeve ionske baterije

ZAHVALA

Zahvaljujem se svoji mentorici za usmerjanje, pomoč in spodbudo pri delu, ter učiteljici slovenščine, ki je nalogo jezikovno pregledala.

1 UVOD

Že od nekdaj so me zanimali novi materiali. O njih pa najraje raziskujem na spletu, kjer vedno izvem nekaj novega. Med vsemi novimi materiali me je še posebej navdušil grafen. Želim, da bi ga ljudje bolje spoznali in bi o njem izvedeli več. Prav iz tega razloga sem se odločil, da ga predstavim v raziskovalni nalogi. Osredotočil sem se na njegovo zgradbo, lastnosti, uporabo, proizvodne tehnike ter na njegovo prihodnost v raziskovalnem svetu in industriji.

1.1 Cilji naloge

S pomočjo raziskovalne naloge sem želel natančneje spoznati grafen ter se seznaniti z njegovo zgradbo, lastnostmi in uporabo v industriji. Želel sem predvideti njegov razvoj, prednosti in slabosti.

1.2 Hipoteze

Predvidevam, da bom ugotovil naslednje:

- Grafen je dokaj nov material, zato menim, da bo o njem malo zapisanega.
- Družba še ga ne pozna dovolj dobro.
- Ni uporaben material v vsakdanjem življenju.
- Njegovo pridobivanje je finančno zelo drago.

2 DEFINICIJA GRAFENA

Najnovejša definicija pravi, da je grafen ravna enojna plast ogljikovih atomov, tesno zloženih v dvorazsežno satasto mrežo, in je osnovni gradbeni blok za grafitne materiale vseh drugih razsežnosti. Lahko se ovije v ničrazsežne fullerene, zvije v enorazsežne nanocevke ali zloži v trirazsežni grafit.

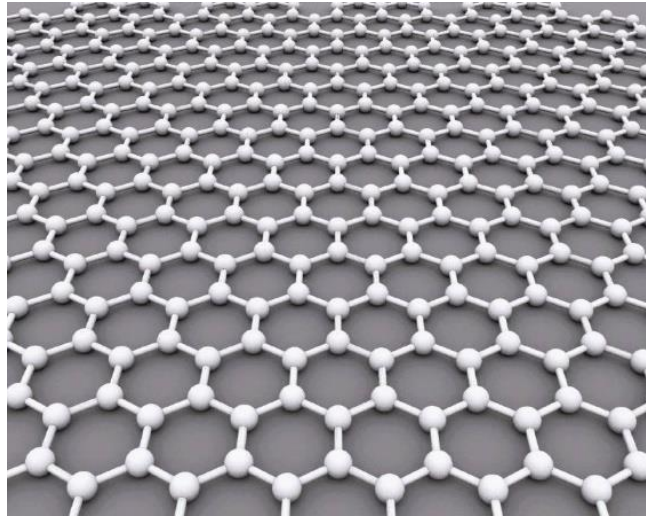
Predhodna definicija pa je bila, da je grafen enojna ogljikova plast grafitne strukture, ki je lahko končni član niza naftalena, antracena, koronena ipd. Izraz grafen pa se lahko uporabi tudi za označitev posameznih ogljikovih plasti v grafitnih vrinjenih spojinah. Izraz »grafitna plast« je mišljen tudi za splošno izrazje ogljikov.

Tehnološki priročnik IUPAC navaja, da so se predhodno opisi, kot so grafitne plasti, ogljikove plasti ali ogljikove ploščice, uporabili za izraz grafen, saj je za enojno plast nepravilno uporabiti izraz grafit – kar bi pomenilo trirazsežno strukturo. Izraz grafen se lahko uporabi, kadar se obravnavajo reakcije, strukturne povezave ali druge značilnosti posameznih plasti.

2.1 Kaj je grafen?

Grafen je trdna snov, sestavljena iz čistega ogljika, kjer so atomi razporejeni v vzorec pravilnih šestkotnikov. Podoben je grafitu, vendar z debelino enega atoma.

Je alotrop ogljika v obliki dvodimenzionalne, na atomih temelječe sataste mreže, v kateri vsak atom tvori po eno oglišče. Je neskončno dolga aromatska molekula in osnovni strukturni element alotropov, kot sta grafit in oglje.



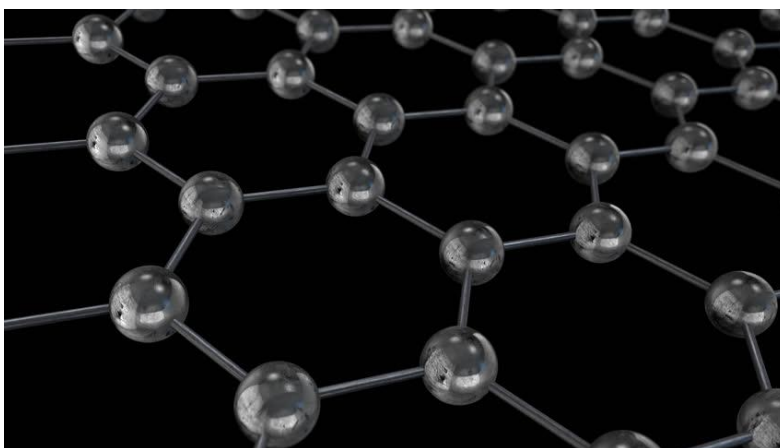
Slika 1:Primer sataste strukture grafenove plasti

3 LASTNOSTI GRAFENA

Teoretično ima specifično površino $2630 \text{ m}^2/\text{g}$. To je veliko več, kot je bilo doslej znano za črni ogljik (tipično manj kot $900 \text{ m}^2/\text{g}$) ali ogljikove nanocevke (CNT) od ≈ 100 do $1000 \text{ m}^2/\text{g}$. Podobno je pri aktiviranem ogljiku.

3.1 Struktura

Je alotrop ogljika z 2-dimenzionalnimi lastnostmi. Njegovi ogljikovi atomi so povezani v pravilen satasti (heksagonalni) vzorec. Vsak atom ima štiri vezi, ki so usmerjene s ploskve navzven.



Slika 2: Struktura grafena

Grafenovo heksagonalno mrežo lahko obravnavamo kot dve prepletajoči se trikotni mreži. Stabilnost grafena pa je posledica njegovih tesno povezanih ogljikovih atomov.

3.2 Elektronske lastnosti

Ima štiri elektronske lastnosti, ki ga ločijo od drugih sistemov zgoščenih snovi. To so: elektronski spekter, disperzijska povezava, enoatomska valovna propagacija ter transport elektronov in spina.

3.3 Optične lastnosti

Optične lastnosti grafena v vakuumu ustvarjajo veliko neprozornost za enoatomsko plast. To je posledica »nenavadno nizkoenergijske elektronske strukture enoplastnega grafena, pri kateri se stožčasti pasovi elektronov in vrzeli srečujejo v točki, ki se kvalitativno razlikuje od običajnih kvadratnih masivnih pasov.«

3.4 Toplotna prevodnost

Toplotno prevodnost grafena še raziskujejo. Ta podatek je za raziskovalce zelo pomemben, saj ga želijo uporabiti v napravah za upravljanje toplote.

Dosedanje meritve grafena so pokazale, da ima širok razpon toplotne prevodnosti. Velik razpon le-te bi lahko bil posledica velikih merilnih negotovosti kot tudi variacij v kakovosti grafena in pogojih obdelave.

3.5 Mehanske lastnosti

Dolžina vezi med ogljikovima atomoma v grafenu je okrog 0,142 nm. Grafenske plošče, ki tvorijo grafit, pa so med seboj oddaljene 0,335 nm. Grafen je najmočnejši material, ki je bil kadarkoli testiran.

3.6 Odpornost proti lomljivosti

Leta 2014 so dokazali, da je grafen kljub svoji trdnosti tudi relativno krhek. To kaže, da se nepopoln grafen rad zlomi tako kot keramični materiali – kar je v nasprotju z mnogimi kovinskimi materiali. Kasneje je ekipa z Univerze Rice naznanila, da je grafen pokazal večjo sposobnost za porazdelitev sile ob udarcu kot katerikoli znani material.

3.7 Kemične lastnosti

Grafen je edina oblika ogljika, pri kateri je vsak atom na voljo za kemično reakcijo z dveh strani. Atomi na robovih grafenske plošče imajo posebno kemično reaktivnost. Grafen ima najvišje razmerje robnih atomov od vseh alotropov. Napake znotraj plošče povečajo njeno kemično reaktivnost.

Zagori pri zelo nizki temperaturi, to je 350 °C. Običajno je modificiran s funkcionalnimi skupinami, ki vsebujejo kisik in dušik. Analiziran je z infrardečo spektroskopijo in rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo. Toda za določanje struktur grafena s kisikovimi in dušikovimi funkcionalnimi skupinami je potrebna dobra kontroliranost struktur.

Leta 2013 so fiziki s Stanfordske univerze poročali, da je enoplastni grafen 100-krat bolj kemično reaktiven kot debelejša grafenske plošče.

3.8 Biološke lastnosti

Leta 2015 so raziskovalci uporabili grafen za oblikovanje občutljivih senzorjev. Senzorji se vežejo na 8-hidroksideoksigvanozin (8-OHdG) in so sposobni selektivnega vezanja na protitelesa. Prisotnost 8-OHdG v krvi, urinu in slini je običajno povezana s poškodbami DNK. Zvišana stopnja 8-OHdG je povezana s povečanim tveganjem za razvoj več vrst raka.

Center za grafen v Cambridgeu in Univerza v Trstu sta opravila skupno raziskavo uporabe grafenskih elektrod pri interakciji z možganskimi živčnimi celicami. Izsledki raziskave so bili pred kratkim objavljeni v reviji ACS Nano. Raziskava je razkrila, da se lahko neprevlečeni grafen uporabi kot nevro-vmesniška elektroda brez spreminjanja ali poškodbe živčnih funkcij, recimo izgube signala ali tvorbe brazgotinskega tkiva. Grafenske elektrode ostanejo v telesu bistveno bolj stabilne kot elektrode iz tungstena ali silicija – te se trenutno uporabljajo zaradi unikatnih lastnosti grafena, kot so fleksibilnost, biokompatibilnost in prevodnost. Grafen bi utegnil pomagati pri obnavljanju senzorične funkcije ali odpravljanju motoričnih motenj pri pacientih s paralizo ali Parkinsonovo boleznijo.

4 ZGODOVINA GRAFENA

Leta 1859 je Benjamin Collins Brodie vedel za visoko lamelarno strukturo termalno reduciranega grafitovega oksida.

Struktura grafita je bila razrešena leta 1916.

Leta 1918 sta strukturo grafita preučila V. Kohlschütter in P. Haenni. Opisala sta tudi lastnosti papirja iz grafitovega oksida. Njegova struktura je bila določena leta 1924 z difrakcijo enojnega kristala.

Teorijo o grafenu je leta 1947 prvi preučeval P. R. Wallace kot izhodišče za razumevanje elektronskih lastnosti 3D-grafita.

Najzgodnejše TEM slike nekajplastnega grafita sta leta 1948 objavila G. Ruess in F. Vogt. Kasneje so enojne grafenske plasti tudi neposredno opazovali z elektronsko mikroskopijo.

Pred letom 2004 so interkalirane grafitne spojine preučevali s transmisijskim elektronskim mikroskopom (TEM). Raziskovalci so občasno opazili tanke grafitne koščke in morebiti tudi posamezne plasti.

Eden izmed prvih patentov, ki se je nanašal na produkcijo grafena, je bil vložen oktobra 2002 in odobren leta 2006 (US Pat. 7071258). Ta patent, imenovan »Grafenske ploskve nano obsega«, je podrobno definiral enega od prvih procesov množične produkcije grafena.

Andre Geim in Kostya Novoselov sta leta 2004 na Univerzi v Manchestru iz masivnega grafita pridobila en atom debele kristalite. Iz grafita sta potegnili grafenske plasti in jih prenesla na tanek silicijev dioksid. SiO_2 je električno izoliral grafen in se šibko povezal z njim, kar je privedlo do skoraj nevtralnno nabitih grafenskih plasti. Morda nista bila prva, ki sta uporabila to tehniko – patent US 6667100, vložen leta 2002, opisuje, kako obdelati komercialno dostopni fleksibilni pridobljeni grafit, da doseže debelino 0,00001. Ključ do uspeha je bila visoko zmogljiva vizualna prepoznavna grafena na ustrezno izbranem substratu, ki zagotavlja majhen, a opazen optični kontrast. Geim in Novoselov sta za svoje pionirske raziskave grafena prejela več nagrad. Vredno je omeniti Nobelovo nagrado za fiziko leta 2010.

Leta 2014 je britanski Nacionalni inštitut za grafen naznanil, da bo ustanovil 60 milijonov £ vreden Inovacijski center za grafenski inženiring (GEIC) za podporo uporabnim raziskavam ter razvoju v partnerstvu z drugimi raziskovalnimi organizacijami in industrijo.

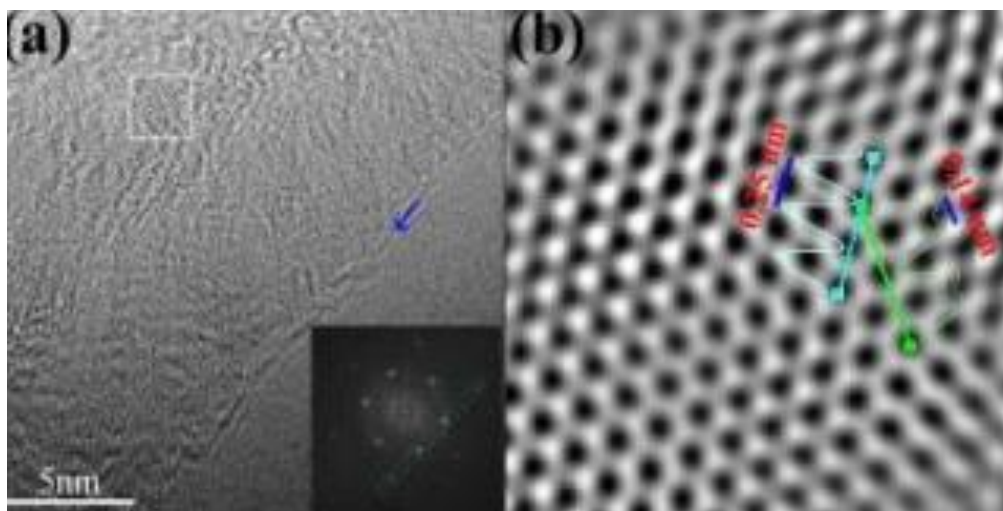
V severovzhodni Angliji sta s proizvodnjo grafena začeli dve podjetji – Applied Graphene Materials in Thomas Swan Limited. V vzhodni Angliji deluje še en proizvajalec, tj. podjetje FGV Cambridge Nanosystems, ki ima proizvodni obrat za množično produkcijo grafenskega prahu.

Leta 2016 je Univerza Brown predstavila metodo za »gubanje« grafena, ki materialu dodaja gube na nano ravni. To je bilo doseženo z nanašanjem plasti grafenovega oksida na skrčen film. Nato so se skrčile, pri čemer se je film raztopil, preden se je ponovno skrčil na drugo plast filma. Zguban grafen je postal superhidrofoben, tako da se je med uporabo za akumulatorsko elektrodo pokazalo, da se je gostota elektrokemičnega toka pri tem materialu povečala za 400 %.

5 OBLIKA GRAFENA

5.1 Enoplastni grafen

Enoplastni grafen lahko zaznamo s pomočjo Ramanove spektroskopije, s katero zaznavamo prisotnost atomov in molekul na podlagi njihovih vibracij in rotacij s pomočjo monokromatske svetlobe.



Slika 3: a) slika enoplastnega grafena b) filtrirna slika

Leta 2013 je skupina poljskih znanstvenikov predstavila proizvodno enoto, ki omogoča izdelavo neprekinjenih enoplastnih »plošč« grafena. Proces temelji na vzgoji grafena na tekoči kovinski matrici. Produkt tega procesa so poimenovali HSMG.

Enoplastni grafen ima zmožnost uporabe v mikroelektronskih aplikacijah.

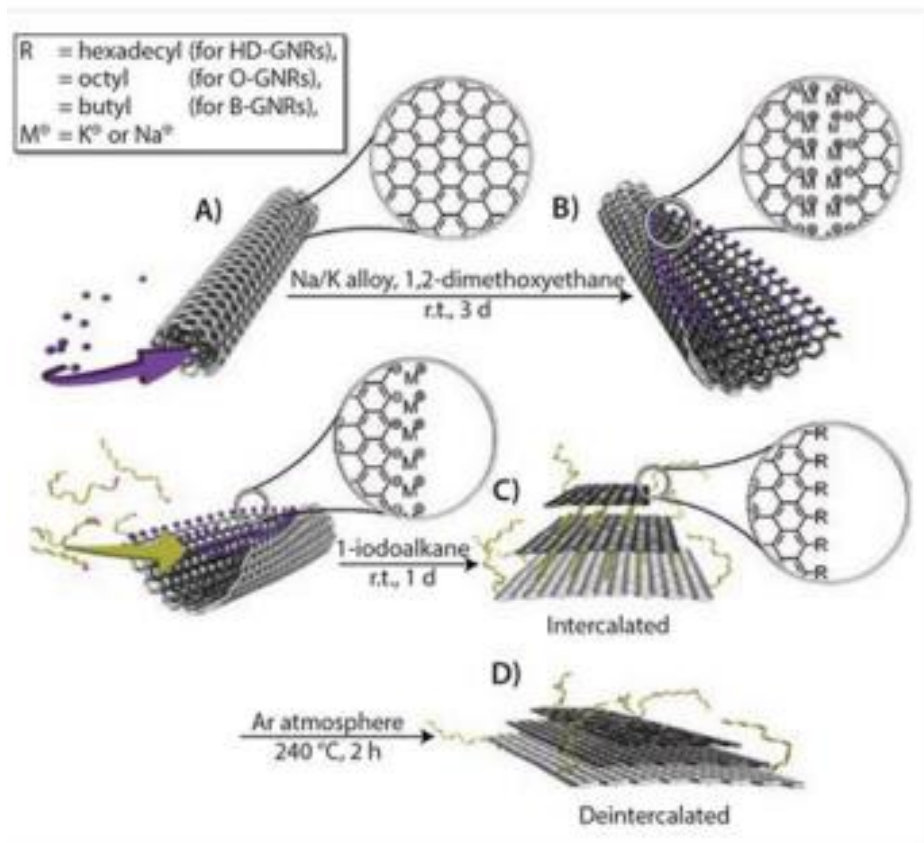
5.2 Dvoplasten grafen

Dvoplasten grafen je dober kandidat za optoelektronske in nanoelektronske naprave.

Najdemo ga lahko v zavutih konfiguracijah, kjer je ena plast zasukana na drugo, in grafitnih Bernalovih grmadastih konfiguracijah, kjer polovica atomov ene plasti leži na polovici

atomov druge plasti. Zaporedje in usmeritev grmadenja določata optične in elektronske lastnosti dvoplastnega grafena.

5.3 Grafenski nanotrakovi



Slika 4: Postopek pridobivanja nanotrakov s pomočjo rezanja nanocevk

Grafenski nanotrakovi imajo pri nizkih temperaturah spinsko polarizirane kovinske robne tokove. Najpogosteje uporabljen postopek pridobivanja grafenskih nanotrakov je rezanje nanocevk.

5.4 Grafenov oksid

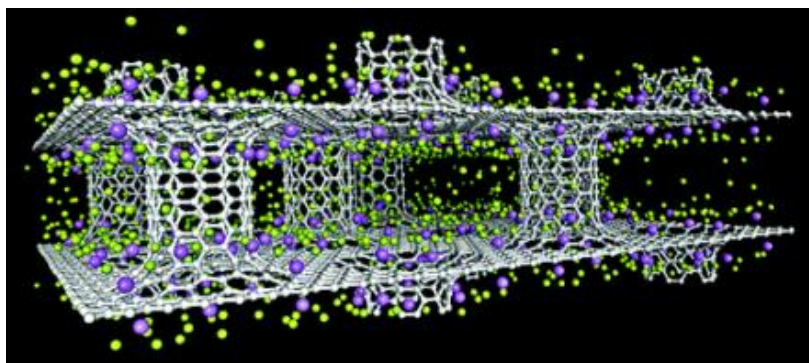
Z uporabo tehnik izdelave folije na razpršenem, oksidiranem in kemično obdelanem grafitu v vodi tvorijo enoplastni koščki enojno ploščo, ki ustvarja močne vezi. Te plošče imenujemo folija iz grafenovega oksida. Kemična lastnost le-tega je povezana s funkcionalnimi skupinami, pripetimi na grafenove folije. Te skupine lahko spremenijo pot polimerizacije in podobne kemične procese. Koščki grafenovega oksida imajo lastnost povečane svetlobne prevodnosti. Grafen je normalno hidrofoben ter neprepusten za vse pline in tekočine. Kadar pa je oblikovan v membrano na osnovi grafenovega oksida, pa tekoča voda in vodna para prehajata skozenj tako hitro, kot da membrana ni prisotna.

5.5 Grafenska vlakna

Leta 2011 so raziskovalci poročali o novem, a preprostem pristopu k izdelovanju grafenskih vlaken iz grafenskih filmov.

5.6 Stebričasti grafen

Stebričasti grafen je sestavljen iz usmerjene razporeditve ogljikovih nanocevk, ki so na vsakem koncu povezane s ploščo iz grafena.



Slika 5: Stebričasti grafen

Stebričasti grafen raziskujejo v povezavi s shranjevanjem vodika H_2 , ki velja za eno izmed goriv prihodnosti.

5.7 Ojačani grafen

Ojačani grafen z vgrajenimi ojačevalnimi prečkami iz ogljikovih nanocevk je lažje manipulirati, saj izboljšuje električne in mehanske lastnosti obeh materialov.

5.8 Oblikovani grafen

Poskusili so ga oblikovati, in sicer so film grafena potopili v topilo. Ta je nabrekli in postal koven. Nato so ga obtežili. Sčasoma je topilo izhlapelo in ostala je plast grafena, ki je prevzela obliko spodaj ležeče strukture. Na ta način so lahko izdelali veliko zapletenih mikrostrukturiranih oblik.

5.9 Grafenski aerogel

Kubični centimeter aerogela, izdelanega iz grafenskih plasti, ločenih z ogljikovimi nanocevkami, je sedemkrat lažji od zraka, obenem pa je v trdem agregatnem stanju.



Slika 6: Primer grafenovega aerogela

Aerogel nastane tako, da raztopino grafena in ogljikovih nanocevk posušijo z zamrznitvijo. Ko voda izhlapi, pa ostane aerogel. Material ima zelo dobro elastičnost in absorpcijo. Po več

kot 90-% stisnjenju se lahko popolnoma vrne v prvotno stanje, absorbira lahko do 900-krat toliko olja, kot znaša njegova masa. Ima tudi izjemne izolativne lastnosti.

5.10 Grafenska nanospirala

Leta 2015 je bila v grafitnem ogljiku odkrita spiralasta oblika grafena. Spiralasti učinek sprožijo napake v heksagonalni mreži materiala, zaradi katerih vzdolž svojega roba postane spiralna. Okrog spirale teče tok in ustvarja magnetno polje, ko se na takšno spiralo priklopi napetost. Ta pojav se nanaša na spirale s cikcakastimi vzorci ali vzorci v obliki naslanjača, čeprav z različnimi porazdelitvami toka.

6 PROIZVODNE TEHNIKE

6.1 Eksfoliacija

Leta 2014 so z metodo eksfoliacije proizvedli grafen z najmanjšim številom napak in najvišjo mobilnostjo elektronov.

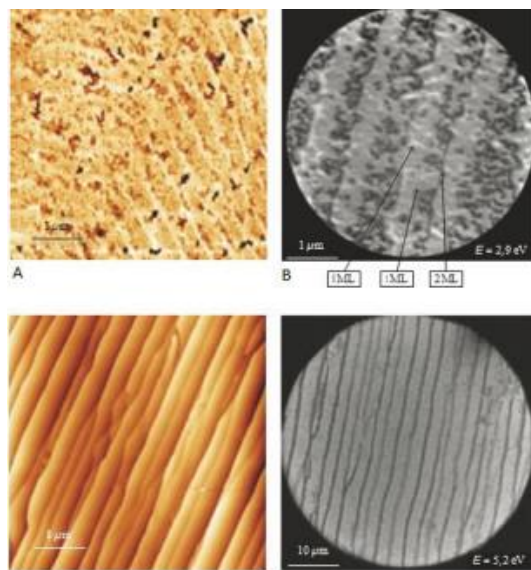
Geim in Novoselov sta za vlečenje grafenskih plošč stran od grafita prvotno uporabila lepilni trak. Doseganje enojnih plasti tipično zahteva več korakov eksfoliacije. Po eksfoliaciji so koščki odloženi na silicijevo rezino. Dobijo se lahko kristaliti, večji od 1 mm, ki so vidni s prostim očesom.

6.2 Staljene soli

Grafitni delci lahko razpadejo v staljenih solih, pri čemer tvorijo različne ogljikove nanostrukture vključno z grafenom. Vodikovi kationi, raztopljeni v staljenem litijevem kloridu, se lahko razelektrijo na katodično polariziranih grafitnih prečkah, ki nato interkalirajo, pri tem se luščijo grafenske plošče.

6.3 Termični razpad SiC

Termični razpad silicijevega karbida je tehnika, ki je sestavljena iz segrevanja SiC v ultra visokem vakuumu do temperature med 1000 °C in 1500 °C. To povzroči, da Si sublimira iz materiala in za seboj pusti površino, bogato z ogljikom. Študije so pokazale, da je ta karbonska plast po naravi grafitna, kar pomeni, da se lahko ta tehnika uporabi za tvorbo grafena.



Slika 7: Grafen, proizveden s termičnim razpadom SiC.

6.4 Kemijska parna depozicija

V nasprotju s termično dekompozicijo SiC, kjer je ogljik že prisoten v substratu, se pri kemični depoziciji iz pare (CVD) ogljik zagotovi v obliki plina, medtem ko se kovina hkrati uporablja kot katalizator in substrat za tvorbo grafenske plasti.

6.5 Tvorba na niklju

S poskusi so uspeli pridobiti nekajplastne grafenske plošče na nikljevih folijah.

6.6 Tvorba na bakru

V nadaljnjih raziskavah so uporabili podoben proces za tvorbo enoplastnega grafena velikega formata, pri katerem so uporabili bakrene folije. Bakrene folije so bile najprej segrete do 1000 °C v vodikovem toku pri nizkem tlaku, nakar so bile izpostavljene metanovemu toku in tlaku 500 mTorr.

6.7 Paraliza z natrijem in etanolom

Grafen se pridobi s segrevanjem natrija in etanola v razmerju 1 : 1 v zatesnjeni posodi.

Produkt te reakcije so izpostavili pirolizi – nastal je material, sestavljen iz spojenih grafenskih plošč. Tako nastanejo grafenske plošče dimenzij do 10 μm .

6.8 Rezanje nanocevk

Večstenske karbonske nanocevkke so bile odrezane na poseben način. Najprej so jih raztopili v žveplovi kislini in nato obdelali s kalijevim permanganatom. Tako so se tvorili oksidirani grafenski nanotrakovi, ki so bili tudi kemično reducirani. Takšni grafenski nanotrakovi so prevodni.

6.9 Oksidacija ob pomoči mikrovalovanja

Leta 2012 so z energijo mikrovalov neposredno sintetizirali grafen v enem koraku. Pri tem pristopu so se izognili uporabi kalijevega permanganata v reaktivni mešanici. Prav tako so ugotovili, da se lahko ob pomoči mikrovalovnega sevanja sintetizira grafenov oksid.

Mikrovalovno segrevanje lahko bistveno skrajša reakcijski čas iz nekaj dni na nekaj sekun

7 PRIMERI UPORABE

7.1 Fleksibilne litijeve ionske baterije

Vse več je povpraševanja po tankih, lahkih in fleksibilnih napravah za shranjevanje energije.

Znanstveniki so naredili prav takšno litijevo ionsko baterijo, ki je izdelana iz grafenske pene.

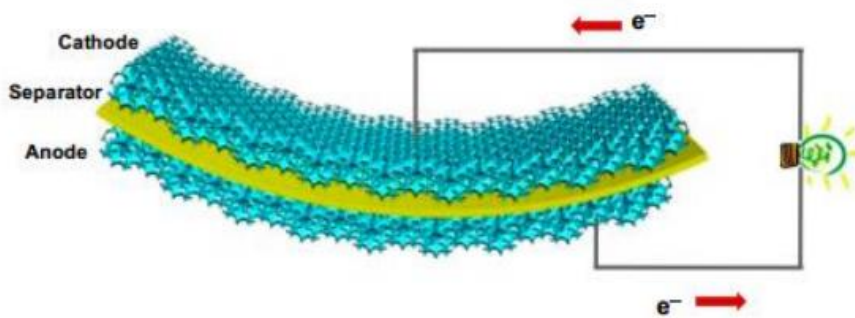
Pri tej bateriji ni uporabljen noben kovinski zbiralnik toka, prevodni dodatek ali vezivo.

Izvrstna električna prevodnost omogoča hiter transport elektronov in ionov.

Razvoj fleksibilne elektronike naslednje generacije, kot so mehki prenosni elektronski izdelki; upogljivi zasloni; nosljive naprave; vsadne biomedicinske naprave in prilagodljiva elektronska koža za spremljanje zdravja, zahteva fleksibilne vire energije. Podobno kot konvencionalne naprave za shranjevanje energije so fleksibilni viri energije z visoko kapaciteto in stopnjo zmogljivosti zelo pomembni za visoko zmogljivo fleksibilno elektroniko – omogočajo neprekinjeno, dolgotrajno uporabo in jih je mogoče popolnoma napolniti v kratkem času.

Litijeve ionske baterije imajo visoko kapaciteto, vendar imajo ponavadi nizko stopnjo polnjenja.

Uporaba materialov nano velikosti za pripravo elektrod je ena od najobetavnejših poti do fleksibilnih baterij. Nanožice iz kovinskega oksida in karbonski nanomateriali, kot so karbonske nanocevke in grafenski papir, so bili pred kratkim demonstrirani za uporabo v fleksibilnih litijevih ionskih baterijah.

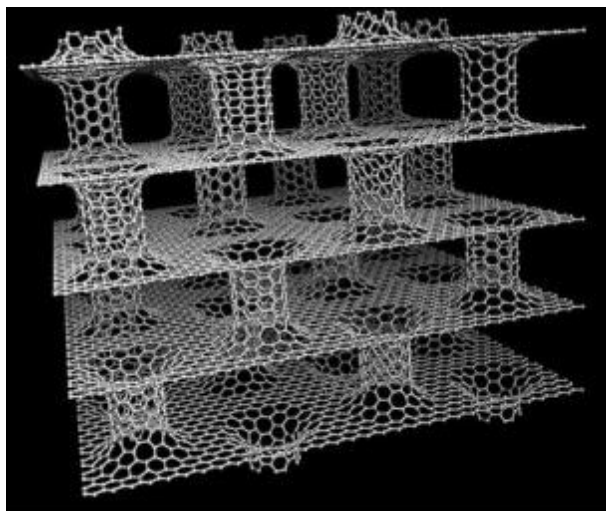


Slika 8: Prikaz fleksibilne baterijske strukture

7.2 Shranjevanje vodika v 3D-mrežno nanostrukturo

Vodik je eden najobetavnejših virov energije za pogon avtomobilov. Njegova uporaba se lahko dodatno razširi na manjše prenosne naprave, kot so mobilni telefoni in prenosni računalniki. Shranjuje se lahko v tekočem ali plinastem stanju.

Zaradi želje po shranjevanju vodika se je pojavila potreba po razvoju ustreznega materiala za tak način shranjevanja. Kot material za shranjevalne posode so bile sprva predlagane kovinske zlitine. Kovinske zlitine je težko komercialno proizvajati s fokusom na mobilnih aplikacijah. Po drugi strani lahki nanoporozni materiali shranijo vodik s fizisorpcijo, ki omogoča hitro polnjenje in praznjenje. Ker pa pri interakciji med H_2 in gostiteljskim materialom prevladujejo šibke van der Waalove sile, se lahko pri sobni temperaturi shrani zgolj majhna količina H_2 . V tem primeru sta velika površina in ustrezna velikost por ključna parametra za doseganje učinkovitega shranjevanja vodika.



Slika 9: Nova 3D-mrežna nanostruktura, predlagana za boljše shranjevanje vodika.

Kasneje so za rešitev problema shranjevanja vodika testirali nove nanoporozne materiale – kovinska organska ogrodja. Njihova velika površina, združena z mesti povečane adsorpcije, vodi k višjim zmogljivostim shranjevanja in zaradi tega so bolj primerni za shranjevanje vodika. Kljub temu imajo materiali na osnovi ogljika izredno strukturno stabilnost in so dovezetnejši za širok razpon pogojev obdelave, kar jim daje veliko prednost. Za povečanje njihove shranjevalne zmogljivosti manjka način. Možna pot do večje shranjevalne zmogljivosti je sintetiziranje novih arhitektur na osnovi ogljika, ki bi imele veliko površino, kot so grafitne plošče. Izračuni glede teh materialov so zelo obetavni, saj je bilo ugotovljeno izboljšanje zmogljivosti za shranjevanje vodika.

Tisti, ki se ukvarjajo z razvijanjem čim bolj optimalnega materiala za shranjevanje vodika, so sedaj postavljeni pred izziv. Izdelati morajo ta material in potrditi njegovo shranjevalno zmogljivost.

8 MOŽNE UPORABE GRAFENA V PRIHODNOSTI

Grafen ima zelo širok spekter uporabe zaradi njegovih mehanskih in kemijskih lastnosti. Zelo dobro prevaja elektriko in toploto, zato bi bil idealen material za proizvodnjo električnih naprav, saj bi delovale hitreje, brez prehitrega pregrevanja. Zaradi svoje mase ter zmožnosti upogibanja bi bile naprave tanjše in upogljive.

Uporaben je tudi kot material za izdelovanje mikročipov, saj je bolj prevoden kot baker in bi ga lahko integrirali v silicijev čip. Lahko bi ga všili v obleke kot solarne celice, ki bi proizvajale elektriko. V kemijskem svetu bi se lahko uporabljal kot adsorbent, filter, senzor plinov. Njegov največji potencial je v izdelovanju upogljivih telefonov, ki se ne pregrevajo in so izredno trpežni.

9 ZAKLJUČEK

Grafen je prozoren in fleksibilen prevodnik, ki obeta proizvodnjo elementov majhnih dimenzij. Njegove mehanske, kemične in fizikalne lastnosti pa obetajo številne aplikacije na veliko področjih.

V elektroniki ga bodo zagotovo izkoristili za izdelavo različnih tehnoloških snovi, kot so baterije, paneli, spominski elementi, tranzistorji ...

Kljub temu da je grafen nov material in da njegove lastnosti še niso popolnoma raziskane, bodo ti materiali imeli zelo pomembno vlogo pri razvoju nanotehnologij. Preden pa se bo začel uporabljati, bo potrebno optimizirati sintezo. Težava pri grafenu je ta, da je količina materiala, ki ga sintetiziramo s posamezno metodo premajhna, proizvodni postopek pa je zelo drag, saj poteka v laboratoriju.

Do sedaj so za njegovo pridobivanje uporabili metodo laserskega uparevanja. Ta metoda omogoča proizvodnjo izjemno majhne količine v primerjavi s priložnostmi na trgu.

Pridobivanje, ki bo primerno za prenos v industrijo, bi moralo biti enostavno in z visokim izkoristkom. Prenos pridobivanja iz laboratorija v industrijo bo različne oblike grafena močno pocenil in ga približal vsakodnevni uporabi. Pametni telefoni, ki imajo grafenski zaslon na dotik, so na voljo že sedaj.

Danes je potrebno za kilogram raznih oblik grafena odšteti tudi do milijon dolarjev – to se lahko hitro spremeni, saj veliko sredstev namenijo za raziskave novih tehnologij in metod pridobivanja grafena. To je že potrdilo podjetje iz Kitajske 2-D Carbon Graphene Material Co., Ltd. Na grafenu so izdelali temelječe panelne module na dotik, ki se že uporabljajo v mobilnih telefonih, nosljivih napravah ter gospodinjskih aparatih.

Med raziskovanjem sem izvedel veliko novih stvari o grafenu, ki so me še bolj pritegnile. Prav zaradi tega želim naslednje leto nadaljevati z raziskovalno nalogo. Želel bi stopiti v stik z Univerzo v Novi Gorici, saj se zelo intenzivno ukvarjajo s proučevanjem grafena. V primeru, da bi epidemiološke razmere dopuščale, bi jih obiskal in se tako še v živo seznanil z nekaterimi stvarmi. V povezavi z Univerzo v Mariboru bi želel izvesti Hummarjevo metodo,

kjer bi iz grafita lahko pridobil grafenov oksid. Upam, da se drugo leto vidimo ponovno in takrat vam povem še kaj več o svojih odkritjih.

10 VIRI IN LITERATURA

10.1 Literatura in knjižni viri

- Korošec, M. (2014). Sinteza grafena. Celje: Šolski center Celje.
- Merljak, M. (2016). Grafen in njegova uporaba. Ljubljana: Univerza v Ljubljani.

10.2 Spletni viri

- <https://old.delo.si/novice/znanoteh/grafen-kljub-izjemnosti-ne-bo-zdravilo-za-vse-tezave-clovestva.html> (25. 10. 2021)
- <https://www.renovablesverdes.com/sl/grafeno/> (30. 10. 2021)
- <https://tehnovzvedje.si/cudezna-snov-grafen/> (30. 10. 2021)
- <https://www.europarl.europa.eu/news/sl/headlines/economy/20150603STO62104/grafen-cudezni-material-za-21-stoletje> (11. 2.2022)
- <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1301/1301.3253.pdf> (25. 10. 2021)
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702112700445> (15. 1. 2022)
- Graphene Nanoribbons: Production and Applications (sigmaaldrich.com) (15. 1. 2022)
- Carbon nanotubes as reinforcing bars to strengthen graphene and increase conductivity « Kurzweil (kurzweilai.net) (15. 1. 2022)
- Graphene - Wikipedia (15. 1. 2022)
- Transparent conductive graphene textile fibers | Scientific Reports (nature.com) (20. 1. 2022)
- Graphene fiber: a new trend in carbon fibers - ScienceDirect (20. 1. 2022)
- Pillared Graphene: A New 3-D Network Nanostructure for Enhanced Hydrogen Storage | Nano Letters (acs.org) (20. 1. 2022)
- <https://www.graphene-info.com/graphene-introduction> (20. 1. 2022)
- <https://graphene-flagship.eu/> (20. 1. 2022)
- <https://www.theguardian.com/science/2013/nov/26/graphene-molecule-potential-wonder-material> (20. 1. 2022)

