



 SIO GRAFEN

Svenskt Grafenforum

- en kort sammanfattning

Johan Ek Weis

22 oktober 2018

Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

FORMAS 

Strategiska
innovations-
program

Omkring 60 personer samlades i Lund den 16-17 oktober för att delta i workshoppen Svenskt Grafenforum. Detta var SIO Grafens fjärde årliga resultatworkshop. Det fanns en stor nyfikenhet hos deltagarna på att få höra vad som hänt inom grafenområdet och dessutom ett stort intresse av att nätverka med övriga grafenintressenter.

Helena Theander, SIO Grafen, presenterade SIO Grafen och visionen:

”Sverige ska bli ett av världens tio främsta länder på att utnyttja grafen för att säkerställa industriellt ledarskap år 2030.”

Helena berättade att under de fyra år som programmet pågått har 66 innovationsprojekt med grafen genomförts. Det finns sammanfattningar av alla dessa projekt publicerade på [SIO Grafens webbsida](#).

90 organisationer har deltagit, varav 43 har varit små och medelstora företag. De senare projekten har bestått av större konstellationer än de i början, vilket är en bra utveckling. Programkontoret känner till att projekten har lett till att tre nya företag har startats, minst 6 patent har sökts och en produkt (utöver materialprodukter) finns nu till försäljning.



Olga Santos från **Alfa Laval** gav ett inspirationsföredrag om potentialen med grafen hos Alfa Laval. Olga berättade om ett projekt de har genomfört som handlade om att utveckla en multifunktionell kompositbeläggning för värmeväxlare. Hon visade att kemin och storleken på grafenflagorna är kritiska för ett välfungerande rostskydd.

Olga diskuterade även möjligheterna med grafen bland annat inom torra smörjmedel och material för låg friktion, olika sorters barriärer, nötningsskydd – framförallt i korrosiv miljö, olika tillämpningar som utnyttjar grafens höga termiska och elektriska ledningsförmåga. De största utmaningarna hon kan se framöver är uppskalningen av grafentillverkningen i en reproducerbar process till ett konkurrenskraftigt pris, samt en utveckling av hur grafenet ska appliceras på bästa sätt.

Thomas Wågberg från **Umeå universitet** berättade om samarbetet med **LunaLEC** för att tillverka [grafenbaserade flexibla och återvinningsbara ljuskällor för livsvetenskapliga applikationer](#). De flesta ljuskällor är punktformiga medan LunaLEC fokuserar på att tillverka produkter med ljusemission från stora ytor. De har främst använt grafen för att det är genomskinligt och är ett bra barriärmaterial med en hög kemisk resistans. Företaget ser möjligheter med att även utnyttja grafens utmärkta elektriska ledningsförmåga, men det krävs ytterligare utveckling.

Kjell Sundgren från **ScandiDos** diskuterade projektet de genomfört tillsammans med **Akzo Nobel, 2D fab och RISE Acreo** för att producera [anisotropiskt ledande lim utan metaller](#). ScandiDos vill ersätta metallerna i ledande limmer eftersom dessa ger upphov till reflektioner som ger störssignaler. De har nu använt grafen för att kontaktera sensordioder utan att använda ledande limmer som innehåller metall. Grafenet har deponerats på expancel-partiklar där storleken går att kontrollera på väldigt bra sätt. Projektet har fått lovande resultat, men har inte lyckats göra limmet anisotropiskt eftersom grafenet lossnar från expancel-partiklarna. ScandiDos har påbörjat ett nytt projekt inom SIO Grafen där de tar itu med detta.

Johan Ek Weis, Chalmers Industriteknik, berättade om ett samarbete tillsammans med **Transient Design** och **Chalmers** i syfte att [förbättra högtalare genom att använda grafen](#). Projektet har utgått från kommersiella pappershögtalarmembran och har förbättrat prestandan genom att modifiera dem med grafen och nanocellulosa. Vikten och styvheten är två viktiga

parametrar för hög prestanda av högtalarmembran. Tillsatsen av grafen och nanocellulosa resulterade i ett tre gånger styvare material utan signifikant ökning av vikten.

Lilei Ye, SHT Smart High-Tech, presenterade samarbetet med **Heda Skandinavien** och **Chalmers** för att utveckla [grafenförstärkt betong för lättviktsstängsel](#). De använde grafen för att sänka vikten på stängslen med bibehållen styrka. De placerade grafenförstärkt betong tillsammans med referenser tre månader i ”naturlig” miljö. Betongen med grafen klarade högre kompressionskrafter och resulterade i stabilare stolpar som gav upphov till avsevärt färre falsklarm från vibrationer i marken. De har ett nytt projekt tillsammans där de ska utföra tester under längre tid, utspritt på flera olika platser i Sverige.

Amer Ali, Graphensic, diskuterade sitt projekt tillsammans med **Chalmers** och **TDK-Micronas** som handlade om att utveckla [Hall-sensorer baserade på grafen](#). Amer förklarade hur Hall-sensorer fungerar och att grafens höga mobilitet leder till sensorer med hög känslighet. De är mest intresserade av strömsensorer och Amer visade att de utvecklat känsliga sensorer med väldigt linjära responskurvor. Teknologin fungerar bra upp till 85 °C. Vid högre temperaturer börjar polymeren i komponenten förstöras. De planerar att förbättra temperaturbeständigheten och räknar med att lansera en ny produkt under 2019.

Fredrik Jareman, ÅF Industry, presenterade samarbetet med **Chalmers** och forumets enda [simulerings- och modelleringsprojekt](#). Det finns simuleringsystem för modeller i nano/mikrostorlek (till exempel hur atomer och molekyler beter sig i och kring grafen) och även system som används på makroskopisk nivå (till exempel hur fluider uppför sig). Projektet har undersökt hur det går att koppla ihop de här systemen i en kontinuerlig modell. De har kommit en bit framåt, men behöver fortsätta arbeta med simuleringsystem på mesoskalan. Fredrik tycker också att det vore intressant att utöka arbetet från fluidsysteM till att även innefatta undersökning av kompositer med FEM (finita elementmetoden).

Milad Asadi, Smart Textiles, och **Melina da Silva, RISE/Swerea IVF**, berättade om sitt projekt tillsammans med **Inuheat Group** om att utveckla [grafen i textilier](#). Milad berättade att de använt grafenoxid eftersom det är hydrofilt och belagt detta på garnfibrer. Genom att modifiera ytan på fibrerna kunde de belägga grafenet väldigt bra på fibrerna med en kosteffektiv och skalbar process. De reducerade grafenoxiden vilket ökade ledningsförmågan utan att påverka de mekaniska egenskaperna hos garnet. För att nå en färdig produkt behöver de ytterligare öka ledningsförmågan och undersöka om grafenet nöts vid längre användning och vid tvättning.

Sven Forsberg, 2D fab, diskuterade sitt projekt tillsammans med **VestaSi, Woxna Graphite, Uppsala universitet och Mittuniversitetet** om [energitillämpningar med grafen](#). Han beskrev värdekedjan med alla involverade parter samt hur potentiella framtida parter skulle passa in. 2D fab tillverkar grafen i vattenlösning i en lågenergi-process. Sven berättade om hur grafen kan förbättra anoden i batterier genom att öka flexibiliteten och styrkan, samt ge bättre ledningsförmåga. De uppmätte en förbättrad kapacitet på 30 % efter 200 cykler med cirka 10 % grafen. Detta är väldigt bra men de behöver även undersöka prestandan efter fler cykler. Sven tyckte att det var väldigt intressant att se att en så låg andel grafen ger en så stor effekt och hoppas att de kommer kunna fortsätta i ett nytt projekt.

Jon Wingborg, Chalmers Industriteknik, berättade om ett samarbete med **Swedwire** och 2D fab som handlade om [grafenförstärkt zink som ytbeläggning på ståltråd](#). Swedwire tillverkar ståltråd som bland annat används som mittdelare i 2+1-vägar. Syftet var att förbättra de korrosionsskyddande egenskaperna hos zink i ståltråden. De gjorde en litteraturstudie där inga studier eller publicerade patent hittades där grafen använts för varmförzinkning av stål. Grafen har blandats i andra metaller och de processer som då använts utnyttjades i projektet. Det visade sig dock vara väldigt svårt att blanda grafen och zink, vilket ledde till att projektet avslutades i förtid.

Lilei Ye, SHT – Smart High Tech, presenterade deras projekt med **Saab** och **Chalmers** om [värmeledande grafenfilm i termiska band och värmespridare för användning i radar och laser](#). De har undersökt möjligheten att byta ut mängden aluminium och koppar som ofta används i tillämpningar inom värmetransport med grafen. De har utvecklat en process där de tillverkar en film av flagor av grafenoxid och sedan reducerar denna för att öka värmeledningsförmågan. De kan nu tillverka en lätt och flexibel film (17-50 µm tjock) i upp till 50 m²/månad. De håller nu på att skala upp processen till 200 m²/månad i kina. Filmen har en värme-ledningsförmåga på 1700-1900 W/mK, vilket är bättre än kommersiella grafitfilmer!

Omid Habibpour, Chalmers, presenterade projektet han har haft med **GKN Aerospace** och **Termisk Systemteknik** om en [quad band infraröd detektor baserad på grafen/kisel-heterostruktur](#). Syftet med projektet var att utveckla en sensor för automatiserad och kostnadseffektiv kvalitetskontroll och inspektion genom en icke-destruktiv testning av metallmaterial. De detektorer som utvecklats uppvisade mycket låga brusnivåer, vilket är lovande för framtiden, men de behöver vidareutvecklas för att fungera inom ett betydligt

bredare spektralband. En orsak som kan ha begränsat bredden var oavsiktlig dopning av grafenet.

Sophie Charpentier, Chalmers Industriteknik, gav en summering av den roadmap för grafen som Fraunhofer i Tyskland har tagit fram för Graphene Flagship. De har både tittat på ”technology push” och ”market pull” från ett europeiskt perspektiv och analyserat de områden som har störst potential. En kort version av den 600 sidor långa rapporten förväntas publiceras snart. Några av de viktigaste slutsatserna är att:

- Antalet publikationer av artiklar och patent ökar nu långsammare än tidigare, vilket kan vara ett tecken på att grafen är över toppen på Gartners hype-kurva.
- Det finns en generell samstämmighet kring att priset på grafen kommer fortsätta sjunka.
- De områden som identifierats med kortast tid kvar till marknaden är:
 - kompositer och ytbeläggningar
 - snabbbladdande batterier
 - högfrekvenselektronik
 - tryckbar energi till låg kostnad
 - fotodetektorer
 - kemiska och fysiska sensorer.

Peter Bøggild, Danmarks Tekniske Universitet, diskuterade att det kan vara svårt att skaffa rätt sorts grafen för olika tillämpningar och att det är väldigt viktigt att karakterisera grafenet. På DTU har de utvecklat en metod för att karakterisera de elektriska egenskaperna av grafenfilmer (främst grafen framställt med kemisk ångdeponering - CVD) på ett snabbt och effektivt sätt med hjälp av terahertz-mätningar.

Peter berättade om det danska ”ekosystemet” och nämnde att det finns flera olika större grafenprojekt med industrifokus i Danmark, till exempel SPOMAN, DAGATE och NiaGra. Han diskuterade ett antal specifika insatser som utförts inom dessa, bland annat inom rotskydd, multifunktionella ytbeläggningar och fotodetektorer för matinspektion. SPOMAN är ett projekt med ett öppet samarbete mellan akademi och industri där kunskapen som utvecklas är öppen för alla och inget kan patenteras. Det finns möjligheter för svenska organisationer att delta i projektet.

Christina Andersson berättade om **Chalmers Grafencentrum** där 40 forskare på Chalmers är involverade i forskning på grafen och andra 2D-material. De har fem fokusområden; fundamental forskning, kompositer och ytbeläggningar, elektronik och fotonik, energi samt bio-tillämpningar. Det finns mer information på deras webbsida och i deras nyligen framtagna [Roadmap 2D materials](#). Christina berättade att de nu ansöker om att bilda ett kompetenscentrum. Detta centrum skulle bli ett bra komplement till SIO Grafen och bedriva mer långsiktiga projekt på lägre TRL-nivåer, jämfört med innovationsprogrammet SIO Grafen.

Magnus Larsson berättade om **Max IV-laboratoriet** som är en nationell forskningsinfrastruktur. Det är en svensk synkrotonanläggning för studier med avancerad röntgenmikroskopi. Det går att göra väldigt noggrann kemisk-, elektrisk- och magnetisk-karakterisering av material samt möjlighet att avbilda och se strukturer på allt från atomärnivå till mikroskala. Anläggningen är under uppbyggnad men är redan i drift för några tekniker. Magnus anordnade också ett väldigt uppskattat studiebesök på Max IV-laboratoriet.

Workshoppar

Fyra olika parallella workshoppar genomfördes. Workshoppen om att **bygga värdekedjor** bjöd in till många bra diskussioner, främst kring ledande limmer, värmeöverföring samt batterier. Textil, kolfiberkompositer, ytskydd – påväxt, ytskydd – friktion, nötning, vindkraft, cementbeläggningar, bränsleceller/powercell, samt barriärer i förpackningar var andra områden som diskuterades.

I workshoppen **karakterisering och standardisering** av grafen diskuterades det kring att det finns många olika typer av grafenmaterial och leverantörer. Alla leverantörer ger inte detaljerade specifikationer och all data som ges stämmer inte. Det är därför viktigt med karakterisering och standardisering, men också att känna till vad som är tillräckligt bra grafenmaterial för den tilltänkta tillämpningen. Det diskuterades att det finns flera olika tekniker för noggrann analys, men att metoder för online-karakterisering behöver utvecklas.

I workshoppen för **Internationalisering** diskuterades möjligheter och behov relaterade till samverkan med internationella företag och forskningsaktörer, samt möjligheter till att påverka kommissionens utlysningar. Huvudpunkterna i diskussionen var:

- FLAG-ERA 2019 – ämnesområden och aktörer

- Påverkansplattform för grafentechnologier: Arbetet har startat med att ta fram förslag till utlysningar som ligger i linje med Sveriges intressen inom Fordon (Chalmers Industriteknik – Patrik Carlsson), Elektronik (RISE – Michael Salter) och Förpackning/Ytor (RISE – Karin Persson). Deltagarna diskuterade främst intressen kring Ytor.
- Möjligheter till samverkan med andra plattformar och initiativ – Innovair, SWII, LIGHTer, med mera.
- En fråga som lyftes var hur Graphene Flagship kommer att fortsätta eller följas av något annat och vilka möjligheter det finns för Sverige här. Graphene Flagship lanserades 2013 och har nu pågått i 5 av 10 år.

Workshoppen om **Elektronik** diskuterade den roadmap som SIO Grafen arbetar med att ta fram kring elektroniktillämpningar med 2D-material (arbetet leds av Michael Salter, RISE). Specifikt diskuterades även här hur värdekedjorna ser ut och aktörskartor togs fram.

Helena Theander avslutade forumet med en sammanfattning:

- Elektronik, komposit, och ytbeläggning är de utav SIO Grafens sex styrkeområden där flest projekt har utförts. Övriga styrkeområden är tillverkning, bioteknik och energi.
- Kvaliteten på projekten har ökat för varje år.
- Projekten går upp i allt högre TRL-nivåer. Eftersom SIO Grafen ämnar vara i innovationsområdet och inte bedriva forskning är detta väldigt bra.
- Det finns många olika sorters grafen. En enkel uppdelning är i flagor och filmer. Av projekten som utförts inom SIO Grafen har majoriteten använt grafenflagor.
- Det behöver göras mer arbete kring utvärdering av kvaliteten på olika grafenmaterial. Detta görs till exempel genom [karakteriseringscheckarna](#) och Round Robin-studien.
- National Physical Laboratory, NPL, är en organisation som är drivande inom karakterisering och standardisering. Deras “[Good Practice Guide](#)” går tydligt igenom hur grafen bör karakteriseras och provberedas. NPL har även varit drivande i att ta fram [ISO-standarden för vokabulären kring grafen](#).
- Nu finns det möjlighet att bli medlem i SIO Grafen. [Mall för ansökan](#) finns på siografen.se. Medlemskapet är kostnadsfritt och ger en röst i årsstämman, möjlighet att bli invald i styrelsen och man får synas med sin logotyp på [SIO Grafens webbsida](#).