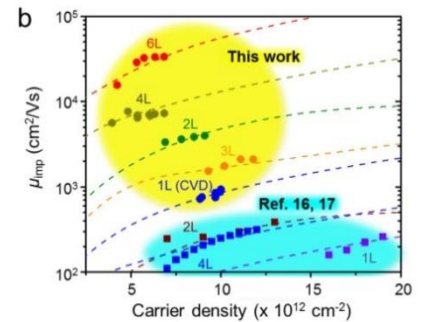
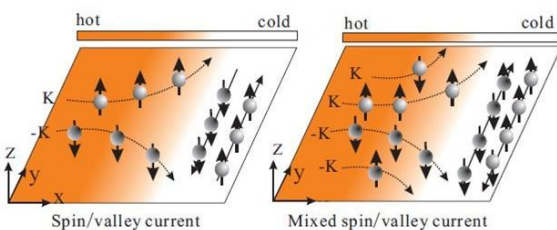


Center for Nanostruktureret Grafen - Højdepunkter i 2015

Grafen har ekstrem høj ladningsbevægelighed, men mangler det båndgab, som er nødvendigt for mange anvendelser inden for elektronik og optoelektronik. Overgangsmetaldichalcogenider, såsom molybdendisulfid (MoS_2), udgør en bred familie af 2D materialer, der udover at have båndgab, kan kombineres lag for lag med grafen (semimetal) og bornitrid (isolator) i komplekse van der Waals heterostrukturer, der kan skræddersys ned på atomar skala. To ph.d.-studenter fra CNG, Bjarke Jessen og Filippo Pizzocchero, brugte 8 måneder hos James Hones ledende gruppe på Columbia Universitet (New York), for at lære at mestre denne teknologi. Her udviklede de flere afgørende forbedringer af metoden, og bidrog til en artikel i Nature Nanotechnology, som for første gang viste at den høje performance, som teoretikere fra CNG tidligere har forudsagt, kan opnås i praksis. Ved at indkapsle MoS_2 sammen med bornitrid (i rollen som isolatormateriale) og med grafen som elektroder, og ved omhyggeligt at undgå at vand og polymerer fik kontakt med de atomtynde lag, blev mobiliteter op til $34000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ opnået for multilags MoS_2 ved lave temperaturer. Med grafen som kontaktmateriale i stedet for metal opnår man at kontaktmodstanden kan justeres med et ydre elektriske felt, altså med en gate, hvilket er afgørende for successen. Artiklen er blevet citeret 60 gange på under 1 år. Fabrikationsmetoden er nu yderligere videreudviklet af van der Waals teamet i CNG, så både kvaliteten og reproducerbarheden af heterostrukturerne er højere, og det er lykkedes at lave decideret batchfabrikation af et større antal teststrukturer, hvilket er vigtigt for at kunne have en solid statistisk basis for det videnskabelige arbejde. Dette arbejde er en hjørnesten i CNG's forskningsstrategi om at studere nanostrukturede grafenkredsløb med ultrahøj performance.



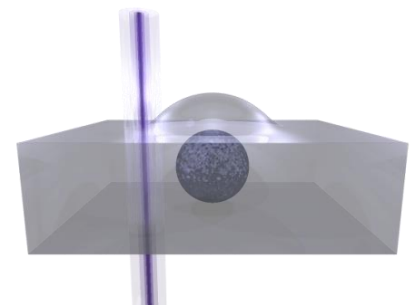
Cui, X., Lee, G.-H., Kim, Y. D., Arefe, G., Huang, P. Y., Lee, C.-H., Chenet, D. A., Zhang, X., Wang, L., Ye, F., Pizzocchero, F. and Jessen, B. S. (2015) *Multi-terminal transport measurements of MoS_2 using a van der Waals heterostructure device platform*, Nature Nanotechnology **10** (6), 534-540, doi: 10.1038/nnano.2015.70



Ladningsbærere i to-dimensionale materialer med en heksagonal gitterstruktur har en ekstra frihedsgrad udover ladning og spin: et såkaldt "valley-index". Hvis deres energispektrum har et gab – som f. eks. MoS_2 – har deres båndstruktur en særlig egenskab: en Berry krumning. Denne krumning giver anledning til ekstra kræfter som påvirker ladningsbærere, udover de sædvanlige elektriske, magnetiske eller termiske kræfter. Materialer i denne kategori har et væld af eksotiske transportegenskaber, især hvis de har en endelig spin-bane vekselvirkning. Et forskerhold bestående af forskere fra det Kinesiske Akademi (Beijing) og Prof. Jauho fra CNG har opdaget et nyt transportfænomen i denne klasse: en transversal spinstrøm som drives af en longitudinal termisk gradient. Ligeledes kan en "valley" strøm optræde, som illustreret i figuren. Det vigtige er, at der ikke er nogen ladningsstrøm, hvilket betyder, at disse fænomener er ikke-dissipative. Forskerholdet foreslår også en konkret komponent, hvor disse fænomener kan observeres. Den skønnede størrelse af effekten for MoS_2 (og andre lignende forbindelser) antyder, at disse nye effekter kan bruges i en ny familie af komponenter – det såkaldte "spinkaloritronik".

Yu, X.-Q., Zhu, Z.-G., Su, G. and Jauho, A. P. (2015) *Thermally driven pure spin and valley currents via the anomalous Nernst effect in monolayer group-VI dichalcogenides*, Physical Review Letters **115** (24), 246601, doi: 10.1103/PhysRevLett.115.246601

Lokaliserede overfladeplasmoner er kollektive svingninger i en elektrongas ved overfladen af et metal. Plasmoner kan anslås i sølvnanopartikler, når lys vekselvirker med f.eks. små sølvnanopartikler. Dette kan udnyttes til at fokusere intenst laserlys i nanometriske volumener med mulige spektroskopiske anvendelser på helt ned til enkelt-molekyle niveau. I små partikler anslår lys-felter typisk kun dipol-tilstande (partikler mindre end typisk 50 nanometer), mens svingninger med et højere impulsmoment kun er blevet udforsket i større partikler. I CNG har vi nu udforsket nanopartikler indkapslet i ultra-tynde membraner og for første gang har vi observeret eksistensen af højere-ordens tilstande i partikler langt mindre end 50 nm. I stedet for lys-felter har vi brugt elektron-stråle mikroskopi (transmission-electron microscope) med høj-energetiske elektroner til at anslå plasmonerne i sølvpartikler. For de mindste partikler (mindre end 4 nanometer) har vi endvidere observeret et markant blåskifte af dipol-resonansen samtidig med en stærk dæmpning af højere-ordens resonanser. Dette overraskende frekvensskift skyldes kvantemekaniske korrektioner til den klassiske elektrodynamik. Resultaterne har stor betydning for forståelsen af elektrodynamik på nanometerskala i systemer, hvor f.eks. enkelte atomer og molekyler kobles til plasmoniske nanopartikler med henblik på kvanteoptik og nanosensor-anvendelser.



Raza, S., Kadkhodazadeh, S., Christensen, T., Di Vece, M., Wubs, M., Mortensen, N. A. and Stenger, N. (2015) *Multipole plasmons and their disappearance in few-nanometre silver nanoparticles*, Nature Communications **6**, 8788, doi: 10.1038/ncomms9788