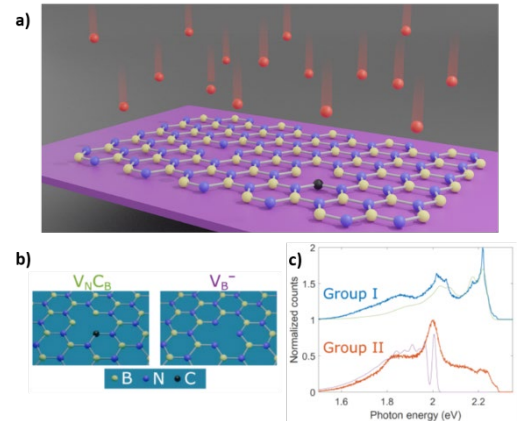


Ionbestråling åbner døren til kontrolleret generering af kvanteemittere i heksagonal bor nitrid

Kvanteemittere udgør en central teknologisk platform for fremtidens kvanteprocessering, kvantesensorer og metrologi. Opdagelsen af kvanteemittere i 2D materialer såsom heksagonal bor nitrid (hBN), har for nyligt sat fart på den teoretiske og eksperimentelle forskning på området. Kvanteemittere i hBN fungerer ved stuetemperatur, hvilket er afgørende for at kunne skabe kvanteteknologi der ikke er afhængig af dyre og upraktiske kryogene kølesystemer. Den store udfordring indenfor dette nye område er at mekanismen bag generationen af defekter såvel som de mikroskopiske egenskaber af kvanteemitterne stadig ikke er vel forstået. I 2020, demonstrerede vi en ny metode til at generere kvanteemittere i ultra-rent hBN ved bestråling af oxygen atomer og efterfølgende opvarmning. I denne forbindelse viste vi at nøje styring af antallet af oxygen atomer per areal, kan føre til betydelige stigninger i antallet af aktive emittere. Vores kolleger ved Helmholtz Zentrum i Dresden-Rossendorf anvendte molekylær dynamik simulationer til at modellere oxygen bestrålingen af hBN under forhold der svarer til vores eksperimenter. Disse simulationer har i høj grad bidraget til at skabe klarhed over hvordan defekterne bliver skabt. På baggrund af dette har vi kunnet identificere de to dominerende defekt-typer, nemlig V_{NCB} and V_B^- . *Ab initio* beregninger af de optiske egenskaber for de to defekter viste en høj grad af overensstemmelse med vores eksperimenter og har belyst den mikroskopiske natur af kvanteemittere i hBN. Vores nye metode kan anvendes med relativt billigt og almindeligt laboratoriestyr, hvilket lover godt for fabrikation af stuetemperatur kvanteemittere på stor skala. Derudover kan metoden tilpasses andre halvledende 2D materialer for at skabe kendte såvel som nye kvanteemittere

M. Fischer, J. M. Caridad, A. Sajid, S. Ghaderzadeh, M. Ghorbani-Asl, L. Gammelgaard, P. Bøggild, K. S. Thygesen, A. V. Krashennikov, S. Xiao, M. Wubs, N. Stenger (2021): "Kontrolleret generering af selvlysende centre i sekskantet bornitrid ved bestrålingsteknik", *Sci. Adv.* **7**, eabe7138, doi: 10.1126/sciadv.abe7138

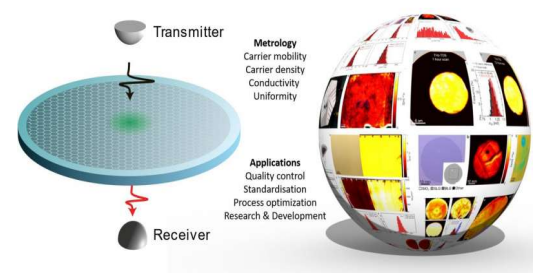


Figur 1. a) Særligt rene og krystallinske flager af heksagonal bor-nitrid bliver bombarderet med oxygen atomer og derefter opvarmet ved høj temperatur. b) Molekylær dynamik simulationer hjælper med at identificere de mest sandsynlige defekter skabt af vores proces, nemlig V_{NCB} and V_B^- . c) *Ab initio* beregninger af fotoluminescens spektrum for V_{NCB} (grøn) and V_B^- (lilla) viser fremragende overensstemmelse med de eksperimentelle spektra for henholdsvis gruppe I (blå) og gruppe II (rød).

Terahertz spektroskopi er en ny målestandard for CVD grafen

Måling af elektriske egenskaber har været en hjørnesten for grafen videnskab og teknologi siden begyndelsen i 2004. Fra det blev praktisk muligt at fabrikere grafen på stor skala, har den konventionelle strategi været at fabrikere test-strukturer for at kunne vurdere og teste materialet, hvilket er upraktisk, dyrt og uigenkaldeligt ødelægger grafenfilmen. Over det sidste årti, har forskere på CNG arbejdet intenst med at udvikle nye, hurtige, ikke-destruktive metoder baseret på grafens absorption af terahertz stråling, og undersøge hvordan information om både elektriske og strukturelle egenskaber kan hentes ud af de målte terahertz spektra. Dette arbejde har resulteret i en lang række internationale samarbejder og 20 peer-reviewed artikler siden 2012. Vi publicerede for nyligt et overblik over de vigtigste metoder vi har udviklet og resultater vi har fundet i tidsskriftet *2D Materials*, som er en af de mest læste artikler i 2021. I 2020 blev metoden accepteret som en ny målestandard for grafen, og dermed en af de allerførste standarder indenfor grafen forskning overhovedet. Denne indsats, som sammenfattet i den videnskabelige artikel og den nye målestandard, er internationalt anerkendt som en milepæl i retning af at etablere en troværdig og bæredygtig grafen industri, og er et eksempel på hvorledes fundamental forskning i metodeudvikling kan støtte den teknologiske udvikling til gavn for samfundet.

P. R. Whelan et al. (2021): "Case studies of electrical characterisation of graphene by terahertz time-domain spectroscopy", *2D Materials*, **8**, 2; P. U. Jepsen et al, IEC TS 62607-6-10: Nanomanufacturing - Key control characteristics - Part 6-10: Graphene-based material - Sheet resistance: Terahertz time-domain spectroscopy (Accepted in 2020, will be officially published in 2021), doi.org/10.1088/2053-1583/abdbcb



Figur 2. Den elektriske ledningsevne, ladningsbæretæthed og uniformitet af grafen kan bestemmes ud fra terahertz absorption, over på store arealer som for eksempel 300 mm diameter silicium skiver med grafen eller 100 meter lange ruller af grafen på polymerfilm. Derudover kan målinger bruges til at forstå hvordan defekter påvirker de elektroniske egenskaber hvilket både er vigtigt for fundamental forskning såvel som industrielle anvendelser af grafen.