



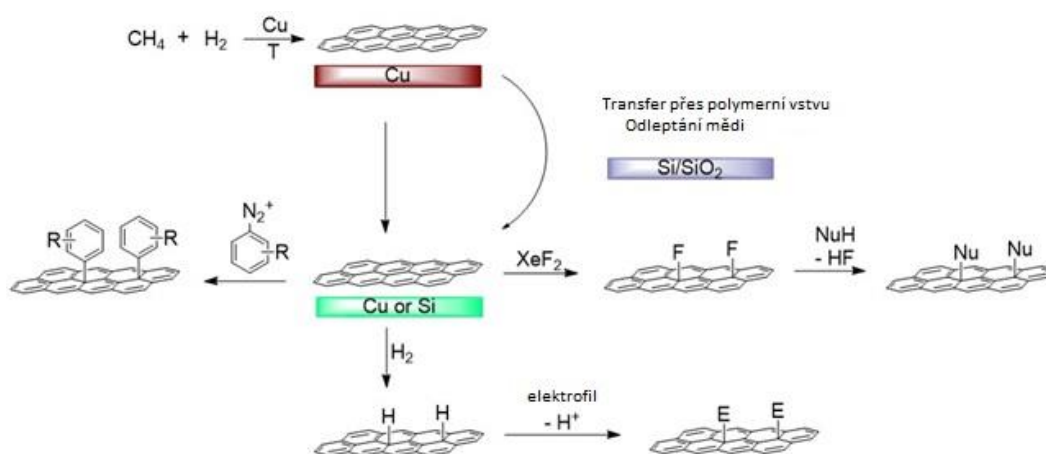
WP1: Grafenoidy

Výzkumná strategie a metodologie

Hlavním úkolem WP1 je litografická modifikace substrátů, příprava vysoce čistých a definovaných grafenoidů (grafen, uhlíkové nanotrubičky – CNT), jejich chemická funkcionizace kovalentními spojkami a jejich strukturování.

Aktivita 1.1 se zabývá optimalizací substrátů pro nativní a funkcionizovaný grafen. Naše předběžné výsledky ukazují, že interakce mezi grafenem a monokrystalem mědi záleží na orientaci povrchu. Tyto výsledky jsou motivací pro další studium na měděné folii, kde bude pomocí EBSD identifikována řada zrn s různou orientací. Po transferu grafenu bude identifikována část monovrstvy, která byla v kontaktu se specifickými zrny s určenou orientací. Toto specifické místo pak bude studováno řadou metod (Ramanova spektroskopie, SEM, AFM, AR PES). Realizace aktivity 1.1 tak umožní odhalit vztahy mezi interakcí měď-grafen a úspěšností transferu. Aktivita 1.1 je přímo napojena na pracovní balíčky WP3, WP4 a WP5.

Aktivita 1.2. cílí na přípravu vysoce čistých grafenoidů (grafen, CNT) a jejich vhodnou chemickou funkcionizaci. Purifikační metody grafenoidů budou založeny na našich předchozích zkušenostech s vývojem purifikačních protokolů pro CNT a budou optimalizovány pro konkrétní vzorky použité v projektu. Již dříve jsme ukázali, že grafen může být modifikován různými typy reakcí (radikálové, nukleofilní či elektrofilní substituce), které poskytují širokou škálu možností pro realizaci žádané modifikace grafenoidů. Pro dynamické propojování grafenoidů jsou navrženy reversibilní kondenzace amin-aldehyd, pro pevná spojení a alkyn-azid Huisgensova dipolární cykloadice. Zavedení odpovídajících funkčních skupin bude dosaženo pomocí různých typů reakcí (viz Obrázek 1).



Obrázek 1: Zavedení odpovídajících funkčních skupin pomocí různých typů reakcí

Schéma nabízí řadu podmínek, které jsou kompatibilní se zaváděnými funkčními skupinami. Funkcionizované grafenoidy budou dále využity v rámci WP3 a WP4, v rámci kterých budou dále studovány interakce grafenoidů s nanočásticemi diamantu a připravovány hybridní materiály. Kromě toho v rámci WP4 a WP5 budou funkcionizované vrstvy testovány pro senzorické vlastnosti.



Aktivita 1.3 se zaměřuje na litografické strukturování grafenoidů a substrátů pro jejich růst. Litografie je velmi užitečná metoda, která poskytuje jemné topografické struktury. V případě měděného substrátu bude litografie použita k vytvoření specifických periodických mikro-tvarů. Topografie výchozího substrátu bude vytvořena před zahájením růstu grafenu, a tak bude umožněno studium růstu grafenu na periodických strukturách. Kromě toho bude litografie kombinována s anizotropními leptacími reakcemi.

Pro aplikace v mikroelektrodách a mikrosenzorech musí být grafen tzv. paternován, tj. upraven do vhodných tvarů. Litografie je jednoznačnou volbou, jelikož je to etablovaná a navíc škálovatelná metoda. V případě grafenu existují problémy, jež jsou stále výzvou. Mezi tyto problémy patří zamezení poškození/modifikace grafenu při odstraňování resistu nebo při funálním leptání. Z tohoto důvodu budou testovány různé resisty a leptací procedury, tak aby byly nalezeny optimální podmínky pro přípravu neporušených paternovaných struktur. Připravené vzorky budou dále využívány v rámci WP3 pro přípravu paternovaných hybridních struktur a v rámci WP4 a WP5 pro přípravu senzorů a homo-kompozitů

WP1: Grafenoidy		
Cíle		
• Optimalizace strukturních a topografických parametrů substrátů pro nativní a funkcionalizovaný grafen pro řízenou adhezi. • Optimalizace čištění grafenoidů a chemické funkcionalizace pro vzájemné efektivní propojování. • Optimalizace litografických procesů pro jemné strukturování grafenu a jeho derivátů.		
Aktivity		
A1.1.: Topografická a strukturní optimalizace substrátů		
Trvání: M1 – M48		
Trvání	Popis úkolu	Zahrnuté skupiny
M1-M18	Růst grafenu pomocí nízkotlaké metody CVD na měděné folii a měděných monokrystalech	UFCH, TESLA
M12-M36	Topografická modifikace měděných substrátů pomocí DND. Charakterizace modifikovaných substrátů s využitím metod AFM, XPS. Růst grafenu na topograficky modifikovaných měděných substrátech.	UFCH, FZU, TESLA, MFF UK
M6-M42	Identifikace orientace zrn na povrchu mědi pod grafenem pomocí EBSD, určení interakcí mezi substrátem a grafenem pomocí Ramanovy spektroskopie, ARPES.	UFCH, FZU, TESLA
M9-M36	Transfer grafenu a korelace mezi orientací zrn měděného substrátu a vlastnostmi grafenu po transferu. Charakterizace pomocí SEM, EBSD, Ramanovy spektroskopie a AFM.	UFCH, FZU, TESLA, MFF UK



M18-M48	Transfer grafenu a určení vlivu modifikace topografie měděného substrátu na grafen po transferu. Charakterizace pomocí SEM, EBSD, Ramanovy spektroskopie, AFM.	UFCH, FZU, TESLA, MFF UK
Milník MS1.1 v M36: Identifikovaná optimální orientace povrchu měděného substrátu pro transfer grafenu.		UFCH, FZU, TESLA, MFF UK
Milník MS1.2 v M48: Identifikovaná optimální topografie povrchu měděného substrátu pro transfer grafenu		UFCH, FZU, TESLA, MFF UK
Deliverable D1.1 v M38: Zpráva shrnující vliv orientace povrchu měděného substrátu na proceduru transferu grafenu.		UFCH, FZU, TESLA, MFF UK
Deliverable D1.2 v M48: Zpráva shrnující vliv topografie povrchu měděného substrátu na proceduru transferu grafenu.		UFCH, FZU, TESLA, MFF UK
A1.2.: Chemická funkcionalizace a čištění grafenoidů		
Trvání: M1 – M48		
Trvání	Popis úkolu	Zahrnuté skupiny
M1-M9	Návrh a příprava spojovacích molekul, které mohou být kovalentně navázány na sp^2 uhlíkové sítě.	UFCH, UOCHB
M2-M18	Čištění a testování komerčních CNT pomocí metod v plynné fázi (termální oxidace, horká pára, reakce s alkalickými kovy, zahřívání na vysokou teplotu) a vyhodnocení nejefektivnějších postupů.	UFCH, Tesla
M4-M24	Analýza vyčištěných testovacích vzorků CNT, identifikace důležitých nečistot a sledování vlivu čistících procedur na distribuci poloměrů CNT, elektronovou strukturu CNT a vytváření defektů v jejich struktuře (Ramanova spektroskopie, TG, UV-ViS spektroskopie, ICP MS, XPS, SEM, EDX) a magnetická charakterizace.	UFCH, MFF UK, UOCHB
M2-M18	Aktivace grafenoidních uhlíkových materiálů pomocí jednoduchých molekul- oxidace, fluorace a hydrogenace. Charakterizace funkcionalizovaných grafenoidních uhlíkových materiálů pomocí povrchově citlivých metod (Ramanova spektroskopie, AFM, XPS, TPD, SEIRA, MS).	UFCH, UOCHB, MFF UK
M12-M36	Funkcionalizace původních a aktivovaných CNT propojovacími molekulami jako jsou aminy, aldehydy, alkyny a azidy pro dynamické kovalentní propojování nebo Huisgenovu dipolární cykloadici.	UFCH, UCHB
M12-M42	Funkcionalizace původního a aktivovaného grafenu na specifických substrátech (topograficky modifikovaná měď) propojovacími molekulami aminy, aldehydy, alkyny a azidy pro dynamické kovalentní propojování nebo Huisgenovu dipolární cykloadici.	UFCH, UCHB
M16-M42	Charakterizace a analýza CNT funkcionalizovaných propojovacími molekulami pomocí Ramanovy spektroskopie, TG, ICP MS, XPS, SEM, EDX, elektrická měření vodivosti, mikroskopická měření (AFM, HR TEM).	UFCH, UCHB, ZCU



M16-M48	Charakterizace a analýza grafenu funkcionalizovaného propojovacími molekulami pomocí Ramanovy spektroskopie, AFM, XPS, TPD, SEIRA, MS, optickou spektroskopii včetně elipsometrie a měření kontaktního úhlu, elektrická měření vodivosti.	UFCH, UCHB, MFF UK, ZCU
Milník MS1.3 v M24: Optimalizovaná metodologie pro efektivní čištění CNT.		UFCH, MFF UK, UOCHB, TESLA
Milník MS1.4 v M42: Optimalizovaná metodologie pro funkcionalizaci grafenoidních uhlíkových materiálů.		UFCH, UCHB, MFF UK, ZCU
Deliverable D1.3 v M24: Zpráva shrnující optimální postupy pro efektivní čištění CNT.		UFCH, MFF UK, UOCHB, TESLA
Deliverable D1.4 v M42: Zpráva shrnující optimální postupy pro funkcionalizaci grafenoidních uhlíkových materiálů.		UFCH, UCHB, MFF UK, ZCU
A1.3. Litografické strukturování grafenoidů a substrátů		
Trvání: M13 – M48		
Trvání	Popis úkolu	Zahrnuté skupiny
M1-M12	Návrh základních strukturních motivů a odpovídajících litografických masek.	UFCH, FZU, ZCU
M3-M36	Příprava elektrod z grafenu na Si/SiO ₂ substrátu.	UFCH, FZU, TESLA
M6-M24	Modifikace topografie měděných substrátů pomocí litografie.	UFCH, FZU, TESLA
M6-M48	Charakterizace topografie litograficky modifikovaného grafenu AFM, SEM, elektrická měření.	UFCH, FZU, MFF UK, ZCU
M9-M30	Charakterizace topografie litograficky modifikovaného měděného substrátu pomocí AFM, SEM, XRD.	UFCH, FZU, MFF UK
M18-M46	Optimalizace litografických postupů tak, aby bylo možné připravit grafenové mikroelektrody.	UFCH, FZU, TESLA
Milník MS1.5 v M24: Metodologie pro litografickou modifikaci měděných substrátů.		UFCH, FZU, ZCU
Milník MS1.6 v M46: Optimalizovaná metodologie pro litografickou modifikaci grafenu.		UFCH, FZU, MFF UK, ZCU
Deliverable D1.5 v M36: Zpráva shrnující postupy litografické modifikace topografie měděných substrátů.		UFCH, FZU, ZCU
Deliverable D1.6 v M48: Zpráva shrnující postupy přípravy grafenových mikroelektrod na Si/SiO ₂ substrátu.		UFCH, FZU, MFF UK, ZCU
Milníky		
Pořadí	Měsíc	Popis
MS1.1.	M36	Identifikovaná optimální orientace povrchu měděného substrátu pro transfer grafenu.
MS1.2	M48	Identifikovaná optimální topografie povrchu měděného substrátu pro transfer grafenu.
MS1.3	M24	Optimalizovaná metodologie pro efektivní čištění CNT.



MS1.4	M42	Optimalizovaná metodologie pro funkcionalizaci grafenoidních uhlíkových materiálů.
MS1.5	M24	Metodologie pro litografickou modifikaci měděných substrátů.
MS1.6	M46	Optimalizovaná metodologie pro litografickou modifikaci grafenu.
Deliverables		
Pořadí	Měsíc	Popis
D1.1	M38	Zpráva shrnující vliv orientace povrchu měděného substrátu na proceduru transferu grafenu.
D1.2	M48	Zpráva shrnující vliv topografie povrchu měděného substrátu na proceduru transferu grafenu.
D1.3	M24	Zpráva shrnující optimální postupy pro efektivní čištění CNT.
D1.4	M42	Zpráva shrnující optimální postupy pro funkcionalizaci grafenoidních uhlíkových materiálů.
D1.5	M36	Zpráva shrnující postupy litografické modifikace topografie měděných substrátů.
D1.6	M48	Zpráva shrnující postupy přípravy grafenových mikroelektrod na Si/SiO ₂ substrátu.

