

## Shrnutí

Tato disertační práce se zaměřuje na studium mechanických a optoelektronických vlastností 2D materiálů pro konverzi solární energie a jejich laditelnost prostřednictvím interakce s různými typy substrátů. Hlavním cílem je popsat, jak mechanické napětí způsobené různými substráty ovlivňuje strukturní, optické a elektronické vlastnosti u grafenu a dichalkogenidů přechodných kovů, zejména selenidu wolframicitého ( $\text{WSe}_2$ ).

V první části práce se soustředíme na charakterizaci Schottkyho kontaktu 2D/3D heterostruktur grafenu na křemíkovém substrátu, studium mechanických vlastností grafenu na flexibilních substrátech a charakterizaci lokálních deformačních jevů, jako je vznik vrás a ohybů, které, mimo jiné, ovlivňují distribuci a přenos nosičů náboje, a tím i výkon těchto struktur v solárních aplikacích.

2D/3D heterostrukтуры exfoliovaného grafenu přeneseného na čerstvě leptaný n-dopovaný křemík byly charakterizovány dvěma metodami vodivostní mikroskopie skenovací sondou (C-AFM): lokálním měřením voltampérových křivek a plošnou charakterizací vzorku pomocí kontaktního skenování. Tyto metody byly doplněny o pseudo-voltampérové křivky, které byly vypočítány z plošného měření. Fotovoltaické parametry byly dále optimalizovány dopací pomocí  $\text{AuCl}_3$ , které výrazně zlepšuje elektrické vlastnosti Schottkyho diod na bázi grafenu, zejména zvyšuje zkratový proud a napětí naprázdno. *Fill factor* zůstává neměnný kvůli lokalizovanému dopování, které brání snížení měrného odporu.

Tvar a vznik grafenových vrás na polymeru SU-8 byly zkoumány pomocí AFM metod. Vlnová délka a amplituda vrás jsou úměrné mechanickému napětí a tloušťce (počtu vrstev) grafenu. Měření mikroskopie Kelvinovou sondou dokládá, že povrchový potenciál zvlněného grafenu je v tomto případě ovlivněn spíše počtem vrstev grafenu než jeho vrásněním, protože grafen je v celé své ploše podepřen polymerem a plošné variace v koncentraci nosičů náboje jsou zanedbatelné.

V další části jsou monovrstvy dichalkogenidů přechodných kovů (TMDC), zejména ( $\text{WSe}_2$ ), studovány ve vztahu k jejich silné interakci se zlatým substrátem a následně jako suspendované (samonosné) membrány. Pomocí indentace AFM hrotem deformujeme suspendované membrány ( $\text{WSe}_2$ ) a ladíme tak jejich optické a elektronické vlastnosti.

Vybrané TMDC materiály ( $(\text{MoS}_2)$ ,  $(\text{MoSe}_2)$ ,  $(\text{WS}_2)$  a  $(\text{WSe}_2)$ ) byly exfoliovány na perforovaný, pozlacený substrát a charakterizovány pomocí Ramanovy spektroskopie. Zatímco u 3D materiálů a suspendovaných monovrstev dochází k minimálním posunům v Ramanových módech, u monovrstev podepřených zlatem dochází k posunu  $E$  módu směrem k nižším energiím a ke štěpení  $A_1$  módu. Tyto změny ve vibračních vlastnostech jsou způsobeny silnou interakcí mezi TMDC materiály a zlatem, a tahovým napětím, které zlato na materiál vyvíjí. Tento efekt je méně výrazný u selenidů, což je způsobeno menším

rozdílem mezi mřížkovými parametry jejich monovrstev a zlata. Kromě toho se módy  $E''$  a  $A_2''$ , které jsou jinak v suspendovaných monovrstvách zakázány, stávají aktivními v Ramanově spektroskopii, pokud jsou TMDC materiály podepřeny zlatem.

Suspendované monovrstvy ( $\text{WSe}_2$ ) byly podrobeny první komplexní studii, která kombinovala nanoindentaci indukovanou AFM hrotem s *in-situ* měřením emisí fotoluminescence a generovaného fotoproudu. Hodnoty Youngova modulu v rozmezí 160,1–164,5 GPa jsou v souladu s literaturou a simulacemi MD. Nejvyšší napětí, kterému může suspendované ( $\text{WSe}_2$ ) odolávat, jsme určili jako  $\approx 30$  N/m. Měření a analýza silových křivek ukazují důležitost použití druhé nezávislé metody, v našem případě fotoluminescence, pro přesné určení začátku indentace a následně správný výpočet mechanických vlastností. Zvyšující se hodnota naměřeného fotoproudu, na rozdíl od proudu bez osvětlení, jehož hodnota zůstává na hranici detekovatelnosti i při zvětšující se indentaci, pak dokládá přítomnost fotoindukovaného jevu, kde k toku nosičů náboje napomáhá lokální deformace ( $\text{WSe}_2$ ) v okolí jednoho z kontaktů (hrotu AFM).