

Abstrakt dizertace

Polovodičové materiály hrají velmi významnou roli v moderní společnosti, jelikož se staly nedílnou součástí našich každodenních životů prostřednictvím osobních počítačů, mobilních telefonů, lékařských implantátů, solárních panelů a spousty dalších elektronických přístrojů, které jsou komerčně dostupné. Polovodičový průmysl se zatím spoléhá hlavně na křemík a i v následujících několika letech v tom bude pokračovat, dokud nebudou dosaženy limity zmenšování velikosti a materiálového inženýrství obecně. Naštěstí se díky celosvětovému výzkumu podařilo ukázat, že existují materiály vykazující lepší mechanické, elektronické a optické vlastnosti, a které tak mohou nahradit nebo alespoň doplnit křemík. Toto představuje velice důležitý krok pro uspokojení stále rostoucí celosvětové poptávky po menších, rychlejších, energeticky výhodných a levnějších elektronických zařízeních. Z tohoto důvodu se současná věda zaměřuje na přípravu a charakterizaci různých materiálů a nanostruktur, které mají být začleněny do elektronických zařízení. Kvůli miniaturizace je kromě toho zásadní, aby elektronická, strukturální a chemická charakterizace a modifikace těchto nových materiálů a struktur byla provedena na mikroskopické úrovni. Relativně mladý, nicméně rychle se rozvíjející a velmi zajímavý obor nanověd a nanotechnologií naštěstí během posledních několika desetiletí poskytuje vědcům širokou škálu nástrojů schopných plnit tuto potřebu. V této práci zkoumáme a modifikujeme na mikroskopické úrovni dva aplikačně relevantní systémy 1) Tenké vrstvy nanokrystalického diamantu a 2) tenké vrstvy amorfního hydrogenovaného křemíku.

Nanokrystalický diamant studujeme jako relativně nový polovodičový materiál kvůli jeho unikátní kombinaci elektronických, mechanických, tepelných a optických vlastností. Díky tomu, že nedávný rozvoj umožňuje produkci syntetického diamantu v elektronické kvalitě zařízení, otevírají se nové možnosti pro jeho využití v reálných aplikacích. Parametry depozice diamantu jsou upravovány pro přípravu tenkých vrstev v požadované tloušťce, čistotě materiálu a velikosti nanokrystalů. Charakterizace strukturálních, chemických a elektronických vlastností provádíme především rastovací elektronovou mikroskopií, mikro-Ramanovskou spektroskopií a nejrůznějšími technikami rastovací hrotové mikroskopie (SPM). Poslední zmíněné techniky jsou také využívány k modifikaci povrchu diamantu. Tímto se nám podařilo vysvětlit, že hranice zrn jsou převážně zodpovědné za 1) elektronický transport a 2) elektronické nabíjení oxidovaného diamantu, když je vrstva vystavena vnějšímu elektrickému poli. Navíc ukazujeme, že nanočástice se mohou samy uspořádat na takto

nabitých povrchů diamantu, jestliže náboj uložený v diamantu vytváří potenciálový kontrast (a s tím související elektrické pole) alespoň ± 1 V. Identifikujeme a zkoumáme parametry, které vedou k efektivnímu elektrostatickému nabíjení diamantu korelací materiálových vlastností (sp^2/sp^3 poměr) a experimentálních parametrů (napětí, proud, použitá síla, a materiál SPM sondy). Tyto výsledky mají potenciál pro vytváření samouspořádávajících se hybridních nanosystémů. Taková zařízení mohou současně využít unikátních vlastností diamantu.

Druhý systém studovaný v této práci je amorfni hydrogenovaný křemík. Používáme mikroskopii atomárních sil za účelem podpory přeměny fáze z amorfniho na krystalický křemík a tím definujeme mikro- a nanorozměrové krystalické útvary v amorfni materiálu. Rozvoj této technologie může být přínosný pro přípravu elektronických nebo optických zařízení, které vyžadují přesné umístění nanokrystalů. Tato zařízení mohou mít také prospěch z použití amorfni substrátů díky jejich snadné a nenákladné výrobě v porovnání s křemíkovými wafery. Jako další možnou cestu ukazujeme selektivní depozici křemíkových nanokrystalů v nanorozměrových prohlubních, které jsou vytvořeny v amorfni matici pomocí SPM.

Tuto dizertaci uzavíráme kapitolou navrhuující kombinaci dvou výše zmíněných materiálů. Za tímto účelem využíváme prohlubně ve vrstvách amorfniho křemíku jako šablony pro depozici diamantu a zkoumáme vliv depozičních parametrů. Prokázali jsme selektivní růst nanokrystalů diamantu s výrazným grafitickým obsahem uvnitř prohlubní. Ukazujeme, že lze dosáhnout a výsledky poskytují důležité poznatky pro budoucí výzkum a aplikace diamantových a křemíkových nanostruktur.