

Školiteľ/Supervisor: RNDr. Martin Hulman, PhD

Jazyk záverečnej práce: angličtina

Topic title: Electrical transport in thin layers of some TMDC materials

Názov témy: Elektrický transport v tenkých vrstvách niektorých TMDC materiálov

Goals:

1. Optimize the growth process of selected TMD materials.
2. Characterize the structural and morphological properties of the grown thin films.
3. Analyze the effect of temperature and doping on their transport and magnetic properties.

Ciele:

1. Optimalizujte proces rastu vybraných TMD materiálov
2. Charakterizujte štrukturálne a morfológické vlastnosti narastených tenkých vrstiev
3. Analyzujte vplyv teploty a dopovania na ich transportné a magnetické vlastnosti

Abstract:

In the past two decades, materials characterised by significant dimensional anisotropy have become one of the most extensively studied subjects in solid-state physics and materials research. This category encompasses transition metal dichalcogenides (TMDCs), compounds composed of elements such as S, Se, and Te, in conjunction with metals like Mo, W, and Pt. Substances with the chemical formula MX_2 can be synthesised in extremely thin layers.

At the Institute of Electrical Engineering, a team is dedicated to preparing thin layers of TMDC materials and characterising them. The proposed dissertation would complement the endeavours of this group. The dissertation focuses on the electrical transport properties of (ultra)thin layers of TMDC materials, particularly those within the subgroup that exhibit semimetallic and metallic characteristics. The work predominantly entails experimental research. While it involves some involvement in thin-layer growth, the primary emphasis is on measuring transport characteristics. In addition to transport characterisation, the dissertation will explore the impact of temperature, doping, and structure on the conductivity of 2D materials.

Throughout the dissertation, the student will engage with vacuum and low-temperature facilities. The experimental findings will be analysed using various models from solid-state physics. Furthermore, the student is expected to present their results at both domestic and international conferences, requiring proficiency in spoken and written English.

Anotácia:

Materiály, ktorá sa vyznačujú výraznou rozmerovou anizotropiou predstavujú v posledných dvoch desaťročiach jednu z najviac skúmaných skupín materiálov vo fyzike tuhých látok a materiálovom výskume. Do tejto skupiny patria aj dichalkogenidy prechodových kovov (angl. TMDC) – zlúčeniny prvkov S, Se a Te s kovmi ako sú Mo, W a Pt. Látky s chemickým vzorcom MX_2 sa dajú pripraviť vo forme veľmi tenkých vrstiev.

Na Elektrotechnickom ústave SAV je skupina zaoberajúca sa rastom tenkých vrstiev TMDC materiálov a ich charakterizáciou. Dizertačná práca by dopĺňala aktivity tejto skupiny.

Témou dizertačnej práce je skúmanie elektrických transportných vlastností (ultra)tenkých vrstiev TMDC materiálov. A to špecificky tej podskupiny materiálov, ktoré majú polokovový a kovový charakter, resp. táto ich vlastnosť závisí od hrúbky vrstvy. Práca má experimentálny charakter. Čiastočne zahŕňa aj rast tenkých vrstiev a fabrikáciu štruktúr, ale ťažisko práce je meranie transportných charakteristík. Cieľom práce je charakterizácia materiálov a vyšetovanie vplyvu teploty, dopovania a štruktúry na vodivosť 2D materiálov.

V rámci dizertácie bude študent/študentka pracovať s vákuovými a nízkoteplotnými zariadeniami. Experimentálne výsledky sa budú analyzovať z hľadiska rôznych modelov fyziky tuhých látok.

Počas dizertácie sa predpokladá aj prezentácia výsledkov na domácich a zahraničných konferenciách, takže dobrá znalosť angličtiny slovom aj písmom je potrebná.

Školiteľ/Supervisor: Mgr. Bohumír Zaťko, PhD.

Jazyk záverečnej práce: angličtina

Topic title (EN): Study and optimization of detectors of ionizing detectors based on wide bandgap semiconductors SiC and diamond

Názov témy (SK): Štúdium a optimalizácia detektorov ionizujúceho žiarenia na báze širokopásmových polovodičov SiC a diamantu

Goals (EN):

1. Preparation and optimization of detection layers based on 4H-SiC epitaxial layers and single-crystal diamond substrates with blocking contacts.
2. Testing of electrical properties (I-V, C-V) at various temperatures from -50 to 300 °C and evaluation of the obtained data.
3. Use selected detection structures for detected different types of ionizing radiation (alpha particles, gamma radiation, neutrons, protons).
4. Evaluate the spectrometric properties of the detection structures as well as their radiation resistance and compare them with standard detectors.

Ciele (SK):

1. Príprava a optimalizácia detekčných vrstiev na báze 4H-SiC epitaxnej vrstvy a monokryštalických diamantových substrátov s blokujúcimi kontaktami.
2. Testovanie elektrických vlastností (I-V, C-V) pri rôznych teplotách -50 – 300 °C a vyhodnotenie získaných dát.
3. Vybrané detekčné štruktúry použiť pre detegovanie rôznych typov ionizujúceho žiarenia (alfa častice, gama žiarenie, neutróny, protóny)
4. Vyhodnotiť spektrometrické vlastnosti detekčných štruktúr a tiež ich radiačnej odolnosti a porovnanie so štandardnými detektormi.

Abstract:

The aim of the thesis is the technological preparation of ionizing detectors, the study of electrical and detection properties and the influence of radiation dose on their performance. The detection materials used are high-quality epitaxial layers of 4H-SiC, polycrystalline, and monocrystalline diamond layers. The work will initially focus on the design and fabrication of Schottky-contact-based detection structures. This will be followed by electrical characterization (current-voltage, capacitance-voltage measurements at different temperatures). SiC and diamond are wide-bandgap materials that can operate at elevated temperatures. Suitable detection structures will be connected to a low noise spectrometric setup, and their properties for particle detection at room and elevated temperatures will be evaluated. Subsequent structures will be irradiated with high doses of electron, proton or neutron-based radiation and their properties after irradiation will be investigated. Finally, the radiation hardness will be evaluated and compared with standard silicon detectors.

The work will be carried out at the Institute of Electrical Engineering Slovak Academy of Sciences, which has modern technological equipment necessary for the preparation and testing of various types of semiconductor structures. The PhD student will acquire knowledge in the preparation of semiconductor detector structures and will be actively involved in teamwork on national and international projects focused on the preparation and testing of radiation detector structures.

Anotácia:

Práca sa zaoberá technológiou prípravy detektorov ionizujúceho žiarenia, štúdiom ich elektrických a detekčných vlastností a vplyvu radiačnej záťaže na ich charakteristiky. Detekčnými materiálmi sú vysokokvalitná epitaxná vrstva na báze 4H-SiC a monokryštalická diamantová vrstva. V prvej fáze sa práca sústreďí na návrh a prípravu rôznych typov detekčných štruktúr so Schottkyho kontaktom. Následne sa vykoná elektrická charakterizácia (IV a CV merania pri rôznych teplotách). SiC a diamant sú širokopásmové polovodiče schopné pracovať aj pri zvýšených teplotách. Vybrané vhodné detekčné štruktúry sa pripoja k nízkošumovej spektrometrickej aparatúre a vyhodnotia sa ich vlastnosti pri detekcii častíc nielen pri izbovej ale aj zvýšenej teplote. Štruktúry budú následne ožarované rôznymi dávkami ionizujúceho žiarenia generovaného elektrónmi, protónmi alebo neutrónmi a skúmané zmeny ich charakteristík. V závere sa vyhodnotí ich radiačná odolnosť a porovná sa štandardnými detektormi na báze kremíka.

Práca bude realizovaná na EIÚ SAV, ktorý disponuje modernými technologickými zariadeniami potrebnými pre prípravu a testovanie polovodičových štruktúr. Doktorand získa znalosti z prípravy polovodičových štruktúr a bude aktívne zapojený do tímovej spolupráce v rámci domácich a medzinárodných projektov zaoberajúcich sa prípravou a testovaním detektorových štruktúr.

Školiteľ/Supervisor: Ing. Filip Gučmann, PhD.

Konzultant/Consultant: RNDr. Dagmar Gregušová, DrSc.

Jazyk záverečnej práce: angličtina

Topic title (EN): Fabrication and characterization of Ga₂O₃-based rectifying diodes for high-voltage applications

Názov témy (SK): Príprava a charakterizácia usmerňovacích diód na báze Ga₂O₃ pre vysokonapäťové aplikácie

Goals (EN):

1. Prepare test structures based on epitaxial Ga₂O₃ layers and evaluate their electrical properties (carrier concentration, carrier mobility).
2. Fabricate Schottky-barrier rectifying diodes based on Ga₂O₃ using established UV photolithography processes.
3. Investigate electrical transport in the fabricated diodes. Analyse electrical breakdown under reverse-bias blocking conditions with respect to various approaches for optimizing electric field distribution and reducing current crowding.
4. Develop a finite element (FE) model of a Ga₂O₃ rectifying diode and use thermal simulation to study the influence of the substrate on device self-heating.

Ciele (SK):

1. Pripravte testovacie štruktúry na báze epitaxných vrstiev Ga₂O₃ a vyhodnoťte ich elektrické vlastnosti (koncentrácia nosičov, pohyblivosť)
2. Pripravte usmerňujúce diódy so Schottkyho kontaktom na báze Ga₂O₃ pomocou zaužívaných procesov UV fotolitografie.
3. Skúmajte elektrický transport v pripravených diódach. Analyzujte elektrický prierez v blokovacom režime s ohľadom na rôzne prístupy k optimalizácii rozloženia el. poľa a zníženiu „prúdového zhutňovania“ (current crowding)
4. Pripravte FE model usmerňujúcej diódy na báze Ga₂O₃ a pomocou fyzikálnej tepelnej simulácie sledujte vplyv substrátu na jej samoohrev.

Abstract:

Gallium oxide (Ga₂O₃) is a novel ultra-wide-bandgap semiconductor material with a bandgap energy (E_g) of approximately 5 eV and a theoretical critical breakdown field (E_{cr}) exceeding 8 MV/cm, which makes it highly suitable for high-power and high-voltage rectifying and switching applications. Devices based on monoclinic β -Ga₂O₃ have the potential to significantly extend the capabilities of currently established semiconductors such as GaN and SiC and to enable reliable operation at voltages >6 kV, where suitable alternative is currently unavailable. Such devices are expected to find applications in high-efficiency power conversion systems, for example in fast battery chargers for electromobility, renewable energy sources (solar, wind), as well as in the defence sector.

This work will focus on the optimization of fabrication technology for Schottky-barrier diodes in vertical and semi-vertical configurations, as well as on a detailed study of transport mechanisms and degradation processes in these devices. The Ga₂O₃ semiconductor material will be grown by MOCVD at the Institute of Electrical Engineering of the Slovak Academy of Sciences (IEE SAS), v. v. i., on

various substrates (Ga_2O_3 , SiC, Si, sapphire), enabling the investigation of self-heating effects. The research will also include an investigation of the impact of various edge termination and protection structures (field plates, guard rings, etc.) on the reverse breakdown voltage of the diodes. The devices will be fabricated using advanced photolithographic processes and other technologies available at IEE SAS, in collaboration with the Taiwan Industrial Technology Research Institute (ITRI).

Anotácia:

Oxid galitý (Ga_2O_3) je nový tzv. ultraširokopásmový polovodičový materiál so šírkou energetickej medzery (E_g) približne 5 eV a teoretickým kritickým prierným poľom (E_{cr}) $>8\text{MV/cm}$, čo tento materiál predurčuje k aplikáciám pre usmerňovanie a spínanie vysokých výkonov a napätí. Súčiastky na báze Ga_2O_3 monoklinickej fázy (β) majú potenciál významne rozšíriť schopnosti súčasných etablovaných polovodičov ako GaN a SiC a umožniť rozšírenie spoľahlivo riadených napätí v oblasti nad 6 kV, kde vhodná alternatíva v súčasnosti nie je dostupná. Takéto súčiastky nájdu uplatnenie vo vysokoúčinných zariadeniach pre konverziu el. výkonu napr. v rýchlonabíjačkách baterií pre elektromobilitu, elektrárnach produkujúcich energiu z obnoviteľných zdrojov (slnko, vietor), resp. v obrannom segmente.

Táto práca bude zameraná na optimalizáciu technológie prípravy spínacích diód so Schottkyho kontaktom vo vertikálnom, resp. semivertikálnom usporiadaní a detailnom štúdiu transportných a degradačných dejov v týchto súčiastkách. Základný polovodičový materiál Ga_2O_3 bude pripravený technikou MOCVD na Elektrotechnickom ústave SAV, v. v. i. (ElÚ SAV) na rôznych podložkách (Ga_2O_3 , SiC, Si, začír), ktoré umožnia sledovať rôzny vplyv samoohrevu. Súčasťou výskumu bude sledovanie vplyvu rôznych ochranných štruktúr (field plate, guard rings,..) na záverné prierné napätie diód. Súčiastky budú pripravené za využitia moderných výrobných procesov fotolitografie a ďalších technológií dostupných na ElÚ SAV a v spolupráci s taiwanským Inštitútom pre výskum priemyselných technológií (ITRI).