

Abstrakt

Táto dizertačná práca predstavuje komplexnú analytickú štúdiu potenciálnych kandidátnych materiálov pre prvú stenu termojadrových fúzných reaktorov, medzi ktoré patria materiály na báze volfrámu (W) a boridy prechodných kovov (TMBs). Práca zahŕňa komplementárnu prvkovú analýzu v širokom rozsahu aplikácií – od hĺbkového profilovania tenkých vrstiev boridov až po detekciu stopových koncentrácií prvkov v kvapalných vzorkách.

Boridy prechodných kovov predstavujú špecifickú skupinu ultra tvrdých žiaruvzdorných keramických materiálov, ktoré sa vyznačujú vysokou tvrdosťou, vysokou teplotou tavenia a odolnosťou voči tepelnej aj chemickej degradácii. Vďaka týmto vlastnostiam nachádzajú uplatnenie ako ochranné povlaky, materiály, materiály vystavené priamemu pôsobeniu plazmy vo fúzných reaktoroch a konštrukčné materiály v leteckom a kozmickom priemysle. Presná detekcia bóru v tenkovrstvových materiáloch je obzvlášť významná vo výskume jadrovej fúzie, kde sa boronizácia využíva na úpravu povrchu vákuovej komory s cieľom znížiť kontamináciu plazmy. Štandardné elektrónovo-optické analytické metódy, ako sú EDS a WDS, však neumožňujú spoľahlivú detekciu bóru z dôvodu jeho nízkeho atómového čísla, výraznej samopohlcujúcej absorpcie mäkkého röntgenového žiarenia a silných maticových efektov. Táto skutočnosť predstavuje významné obmedzenie pri charakterizácii tenkých vrstiev boridov prechodných kovov a depozitov vznikajúcich na stenách fúzných zariadení.

Na riešenie uvedeného problému bola v tejto práci využitá metóda spektroskopie laserom indukovanej iskry (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, LIBS) s rozšírením do vákuovej ultrafialovej (VUV) spektrálnej oblasti, v ktorej bór vykazuje intenzívne emisné čiary nepozorovateľné za atmosférických podmienok. Vyvinutá experimentálna konfigurácia VUV-LIBS poskytuje výrazne vyššiu citlivosť a presnosť pri detekcii a kvantifikácii bóru. Súčasťou práce je aj aplikácia metódy LIBS na analýzu skrutiek pochádzajúcich zo stien tokamaku COMPASS, na ktorých bolo realizované hĺbkové profilovanie a analýza depozitov pomocou bezkalibračnej metódy

CF-LIBS. Ďalšou súčasťou práce je modernizácia experimentálnej konfigurácie LIBS s akustickou levitáciou (LIBS-AL), pri ktorej bolo zavedené presné určovanie objemu levitovanej kvapky na stanovenie prekoncentračného faktora, čím sa umožnila detekcia stopových koncentrácií bóru vo vodných vzorkách.

Okrem uvedených experimentálnych štúdií sa práca venuje aj využitiu metód strojového učenia na určovanie chemického zloženia materiálov určených pre fúzne aplikácie z dimenzionálne redukovaných LIBS spektier. Popri spektroskopických metódach boli na charakterizáciu štruktúry a fázového zloženia tenkých vrstiev boridov využité aj metódy röntgenovej difrakcie a rozptylu, konkrétne Braggova–Brentanova difraktometria, röntgenová difrakcia pri malom uhle dopadu (GIXRD), röntgenová reflektometria (XRR) a meranie pólových obrazcov textúry.

Kombinácia metódy VUV-LIBS na analýzu chemického zloženia s röntgenovými metódami poskytujúcimi informácie o štruktúre a fázovom zložení predstavuje komplexný analytický prístup k štúdiu tenkých vrstiev boridov prechodných kovov s významnými aplikáciami vo výskume jadrovej fúzie, materiállovej vede a environmentálnom výskume.