

Abstrakt

Spektroskopia laserom indukovanej iskry (LIBS) je robustná analytická technika, ktorú možno použiť na detekciu prvkov a charakterizáciu materiálov. Má značné výhody v porovnaní s inými atómovými spektroskopickými technikami, ako sú elektrotermická atomizácia - atómová absorpčná spektrometria (ETA-AAS), atómová emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-AES) a hmotnostná spektroskopia s indukčne viazanou plazmou (ICP-MS). Hoci schopnosť vykonávať LIBS bez potreby prípravy vzorky, jej minimálne deštruktívny charakter a možnosť viacprvkovej analýzy ju v porovnaní s inými technikami atómovej emisnej spektroskopie (AES) zvyrazňujú, je to práve možnosť analýzy in-situ, ktorá dáva LIBS na prvé miesto. Na abláciu atómov z povrchu vzorky sa používa vysoko výkonný pulzný laser, po ktorom nasleduje vytvorenie prechodnej, nehomogénnej, vysokoteplotnej, laserom indukovanej plazmy (LIP). Napriek chaotickému začiatku poskytuje LIP dôležité informácie o zložení materiálu naprieč vývojom v čase. Matricový efekt je však pri LIBS pevne vyjadrený a vyžaduje si vzorky prispôsobené matrici. Aby sme sa vyhli tomuto vyčerpávajúcemu postupu, v tejto práci sme použili bezkalibračnú (CF) metódu LIBS, založenú na predpoklade Boltzmannovej populácie excitovaných hladín.

Táto práca sa zameriava na skúmanie interakcií medzi plazmou a stenou, ktoré sú rozhodujúce v prebiehajúcim výskume termonukleárnej fúzie pre nepretržitú a bezporuchovú prevádzku pre prítomnosť nečistôt a záchyt paliva. Vďaka pre-

chodu medzi skupenstvami sú kvapalné kovy (napr. LiSn a LiPb) recyklovateľné do pôvodnej štruktúry a navyiac sú schopné odčerpávať vysoký žiarivý výkon smerujúci z plazmy na stenu. Preto sú potenciálnym kandidátom na steny divertora. Li a Sn môžu znížiť kontamináciu nečistotami kyslíka a uhlíka tým, že ich viažu na stenu v divertore. Schopnosť LiSn interagovať s vysokým výkonom plazmy sa testovala v divertorovom module založenom na kapilárnom poréznom systéme (CPS) v tokamaku COMPASS. Počas experimentov však hrozí veľké riziko erózie, migrácie nečistôt a opätovného usadzovania na rôznych miestach plazmových komponentov, čo predstavuje vážny bezpečnostný problém. V tejto práci bola pomocou LIBS vykonaná hĺbková analýza 14 skrutiek z tokamaku COMPASS a kvantifikácia bola vykonaná pomocou prístupu CF-LIBS. Táto práca sa taktiež zameriava aj na porovnávanie LIBS na detekciu nečistôt v stopových množstvách. Na tento účel sa úspešne vykonali experimentálne podmienky na detekciu a kvantifikáciu Sn a Pb.

Hoci je LIBS cennou technikou na in-situ a vzdialenú analýzu, trpí obmedzeným hĺbkovým rozlíšením. Preto sa táto práca zameriava na zlepšenie hĺbkového rozlíšenia použitím pikosekundovej laserovej LIBS na štúdium vzoriek WZr a výsledky kvantifikácie prvkového zloženia sa porovnávajú s LIBS v nanosekundovom režime s použitím prístupu CF-LIBS. Okrem toho sa na lineárnom plazmovom generátore Magnum-PSI umiestnenom v Holandskom inštitúte pre základný energetický výskum (DIFFER), uskutočnila kvantitatívna štúdia vzoriek WZr s deutériom, s použitím CF-LIBS na kvantifikáciu zadržania vodíkového paliva. Na ďalšie zlepšenie hĺbkového rozlíšenia sme použili rezonančnú LIBS, ktorá je založená na rezonančnej laserovej ablácii (RLA). Pri RLA sa pokúšame zlepšiť hĺbkové rozlíšenie znížením množstva materiálu odstráneného počas ablácie na jeden impulz. Týmto spôsobom sa dosiahla selektivita, citlivosť, hĺbkové rozlíšenie a minimálne deštruktívna analýza LIBS a prezentovali sa výsledky.