LIBS analysis of geological and fusion-relevant materials and development of Spatial Heterodyne Spectrometer

Abstract

Na prekonanie nevýhody disperzných druhov spektrometrov v oblasti optickej priepustnosti sa využíva hybridný spektrometer založený na interferencii - priestorový heterodynný spektrometer (SHS). SHS bude použitý na záznam emisných LIBS a Ramanových spektier. Konštrukcia SHS je podobná Michelsonovmu interferometru, pričom zrkadlá sú nahradené reflexnými difrakčnými mriežkami. Experimenty súvisiace s SHS sa uskutočnili v BAM v Berlíne a na Univerzite Komenského v Bratislave. Výsledky LIBS z SHS boli takmer porovnateľné s výsledkami štandardného echelle spektrometra (rozlišovacia schopnosť = 9000). Expozícia kamery a výkon lasera sa systematicky optimalizovali s cieľom znížiť emisie pozadia a dosiahnuť dobre definované Ramanove pásy. Výsledky Ramanovej spektrometrie zo SHS vykazovali mierny nelineárny posun v polohe pásov v porovnaní s klasickým spektrometrom. Ramanove výsledky pre mramorovú vzorku boli dosiahnuteľné s mikroskopickým objektívom aj bez neho.

Podobné zariadenie SHS bolo vyvinuté na Univerzite Komenského s iným detektorom a lacnejším laserom s väčšou šírkou čiary. Dôsledkom väčšej šírky čiary lasera sa ukázalo, že je neuspokojivý smerom k Ramanovej spektroskopickej detekcii, čo sa pozorovalo aj pri komerčnom spektrometri s vysokým rozlíšením, kde sa zistila značná fluorescencia.

Navrhnutý spektrometer však úspešne zachytáva emisné spektrá Hg, v dôsledku čoho sa táto práca zameriava na vplyv experimentálnych parametrov na emisné čiary Hg v rôznych prípadoch. Okrem toho sa v tejto práci skúmajú aj možnosti miniaturizácie SHS a uvádzajú sa ich technické problémy spojené s miniaturizáciou.

V práci boli študované rôzne vzorky zaujímave z pohladu dnešného výslumu, ako napríklad geologické a termonukleárne fúzne relevantné vzorky, ktoré boli uvedené pre analýzu LIBS v nasledujúcich častiach. Geologická časť zahŕňa štúdium vzoriek lepidolitu v prostredí plynu Ar a vzduchu a na kvantifikáciu zložiek sa používa analýza CF-LIBS, avšak ako prvá analýza bez spresnenia. V rámci budúcej práce by analýza vykonaná buď vo vákuovej komore, alebo v uzavretej komore mohla využiť interferenciu iných atmosférických plynov do spektier, čím by sa zvýšila presnosť výsledkov CF-LIBS. Pri LIBS štúdiách stien termonukleárnych fúznych reaktorov sa študovali D a He s rôznymi plynnými prímesami v matrici Be. Príslušné publikácie s podrobnými výsledkami sú priložené; uvádzame však stručné základné informácie.

Budúcnosť SHS a miniatúrnych SHS spočíva v štúdiu s lasermi s menšou šírkou čiary v kontinuálnom režime prevádzky alebo s kombináciou impulzných laserov a ICCD. Vplyv parametrov pixelov detektora by sa mohol podrobne študovať s rôznymi detektormi a príslušnou výstupnou optikou. Navrhovanie rôznych robustných konštrukcií pre miniatúrne SHS, ich porovnávanie a systematická štúdia by boli prínosom pre ďalší rozvoj oblasti miniatúrnych SHS a tiež ich aplikácií v teréne.