

Tárgy: válaszok Fábíán Margit bírálatára

Tisztelt Fábíán Margit!

Mindenekelőtt engedje meg, hogy köszönetet mondjak az értekezésem gyors és alapos bírálatáért.

Az 5. fejezetet érintő megjegyzéshez kapcsolódóan, a LIBS kvázi roncsolásmentes tulajdonságával kapcsolatos elvi fenntartásokkal egyetértek. Erre részletesen ki is térek a 2. kérdésre adott válaszomban. Felhívja a figyelmemet egy kellemetlen és értelemzavaró elírásra: a 3-2 táblázat aláírásában természetesen XRF a helyes, mint a táblázat fejlécében szerepel is.

Ami a lítiumvizsgálat okát illeti, természetesen nem állítom a dolgozatban, hogy sehogyan nem lehet üvegben lítiumtartalmat vizsgálni, több módszert említek, amit a gyakorlatban is használnak erre. Ez azonban nem azt jelenti, hogy a gyártási minőségbiztosítás kérdése is megoldott, és ki kell tartassak amellet, hogy egy valódi ipari problémának egy lehetséges megoldását írtam le. Az egész vizsgálat egy nagy amerikai üveggyár megkeresésével kezdődött a BME Atomfizika Tanszék felé, miszerint nem tudják a gyártási folyamatban visszamérni a tényleges lítiumtartalmat. Eszerint a már kész üvegekből vett mintákon, külön laboratóriumi vizsgálatokkal, szűrőpróbaszerűen dolgoztak, aminek sem a költségét, sem az időigényét nem tartották megfelelőnek, ehelyett egy folyamatos gyártósori minőségellenőrzésre alkalmas módszert kerestek. Erre a megkeresésre válaszul készítettem egy esettanulmányt, amiben megmutattam, hogy a LIBS alkalmas módszer a probléma megoldására, és minden olyan tulajdonsággal rendelkezik, ami a gyártási minőségellenőrzésben elvárható. Itt elsősorban a pontossággal és a kimutatási határral kapcsolatban merültek fel megalapozott kételyek, melyeket eloszlattam. Ennek az együttműködésnek a részletei bizalmasak, így a nyilvánosság számára készült értekezésemben nem említhettem.

Azt sem vitatom, hogy lehet ismert lítium tartalmú üvegeket kapni. Ezekből mátrixazonos sorozatot összeállítani a dolgozatban ismerttetett kalibrálási célra azonban nem sikerült, ezért döntöttem saját minták előállítás mellett. Nem gondolom azonban, hogy ez egy reprodukálhatatlan vagy összehasonlíthatatlan mérés, az üveggyártási folyamatot részletesen leírtam, és megadtam az üvegek összetételét is.

A továbbiakban következnek a kérdésekre adott válaszok.

1. *„A dolgozat fókuszában a szilikátüveg áll, azonban egyszer sem kerül az üveg összetétele, a jellege, a szerkezete bemutatásra. Ezt a dolgozat teljes terjedelmében hiányolom. Miért nem fontos, ha ennyire alap-anyag?”*

A szilikátüvegek általános ismertetésétől eltekintettem egyrészt terjedelmi okokból, másrészt magyar nyelven is hozzáférhető jó feldolgozottsága miatt. A kísérleteimben felhasznált minták bemutatása a mérések szempontjából megkövetelt mélységig mindhárom esetben megtalálható az eredmények ismertetése előtt.

2. *„A kísérleti mérések esetén hiányzik a hibahatárok ismertetése. Egyik megállapítás a kráterképződés kialakulására vonatkozik, amelyet kvázi roncsolásmentesnek definiál. A kvázi roncsolásmentességet milyen hibahatárok között kell értelmezni?”*

A kvázi roncsolásmentességnek nem tudok számszerű, hibahatárok között értelmezett definíciójáról; gyakorlatilag az irodalomban jó közelítéssel olyan vizsgálatokra szokták használni, ahol a roncsolódás mértékét olyan csekélynek ítélik, hogy az a minta funkcióját – ha van ilyen, esztétikai megjelenését – ha ez a lényeg, nem károsítja. Természetesen ez mintától, valamint a minta tervezett későbbi felhasználásától függ, hogy mi az a roncsolás, ami után a mintát még intaktnak tekintjük.

Tény, hogy teljesen roncsolásmentes LIBS vizsgálat nem elképzelhető, azonban nagyon érzékeny, ill. értékes minták LIBS vizsgálatára is vannak példák, mint pl. műkincsek. Erre használja az irodalom a kvázi roncsolásmentes és a mikroroncsolásos megfogalmazást, anélkül, hogy a LIBS vizsgálat roncsolásmentességével szemben egyértelmű követelményeket határozná meg. (Liu H, Han K, Yang W, et al. (2024) Recent advances in machine learning methodologies for LIBS quantitative analysis. Pulsed Laser Processing of Materials. IntechOpen. Available at:

<http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.1004414>. (<https://www.intechopen.com/chapters/1174568>); kulturális örökség pl.: Ilaria Borgia, Lucia M.F Burgio, Michela Corsi, Roberta Fantoni, Vincenzo Palleschi, Azenio Salvetti, Maria Cristina Squarcialupi, Elisabetta Tognoni, Self-calibrated quantitative elemental analysis by laser-induced plasma spectroscopy: application to pigment analysis, Journal of Cultural Heritage, Volume 1, Supplement 1, 2000, Pages S281-S286, ISSN 1296-2074, [https://doi.org/10.1016/S1296-2074\(00\)00174-6](https://doi.org/10.1016/S1296-2074(00)00174-6). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1296207400001746>)

Én ehhez a felfogáshoz csatlakoztam azzal a céllal, hogy nehezen pótolható üvegtárgyakat fogok vizsgálni, esetlegesen tisztítani. LIBS vizsgálatokról lévén szó, ablációs kráterek, repedések, törések megjelenésével mindenképpen kell számolni. Krátervizsgálataim célja éppen ezen jelenségek minimalizálására irányul. Szabad szemmel alig vagy egyáltalán nem látható kráterek a legtöbb üvegtárgy használhatóságát nem befolyásolják, azok kereskedelmi, esztétikai v. eszmei értékét nem csökkentik. Kétségtől van olyan esetek, amikor még ilyen mértékű károsodás sem elfogadható, ilyenkor a LIBS alkalmazását nem javasolnám.

3. *„A lítium üvegben való meghatározása olyan kalibrációs sorozat segítségével, amely nem összevethető más eljárással, és a leírtak alapján nem reprodukálható. Kérem bemutatni a kalibrációs mintákra vonatkozó üvegek szerkezeti jellemzését.”*

A minták összetételét táblázatos formában ismertetem a dolgozatban 6-1. (alapüveg) és 6-2. (adalékolás). A kísérlet tisztán anyagösszetétel vizsgálatát célozta, a minták szerkezetét nem tartottam relevánsnak az eredmény szempontjából, ezért nem végeztem szerkezetmeghatározásra vonatkozó vizsgálatokat.

4. *„Miért nem történt összemérés egy ipari üveg és egy saját minta lítium meghatározása között?”*

A kísérlet célja elsősorban annak bizonyítása volt, hogy a LIBS technika alkalmas lítium mennyiségi meghatározására üveg mintákban megfelelő pontossággal mátrixillesztett kalibrációs mintasorozatot felhasználva. Ipari üvegekkel való összeméréshez további kalibrációs mintákat kellett volna előállítani az eltérő mátrix miatt, továbbá régebben gyártott, ismeretlen előéletű minták esetében gondot okoz a lítium diffúziója az üvegen belül.

5. *A rubídiumgőz cellák tisztítása során azonosítható a rubídium szilikát, amely az üveg valamilyen szintű roncsolásából adódik. Mennyire használható újra a tisztított cella? Milyen más minőségbeli vizsgálatot folytattak, hogy erről megbizonyosodjanak?*

A megtisztított cellát átadtam a Wigner Kutatóközpont Lézeres Részecskegyorsító Technológiák kutatócsoportjának, a teszteléséről sajnos nem kaptam visszajelzést.

6. *Milyen gazdasági mérleggel jár egy megtisztított és egy új cella alkalmazása? Milyen megbízhatóan lehet egy tisztított cellát inkább használni, mint egy újat?*

Egy szabvány rubídium frekvencia etalon a Thorlabstól rendelve 663,95EUR + ÁFA, mérete: Ø19x75mm. <https://www.thorlabs.com/thorproduct.cfm?partnumber=GC19075-RB> Rutinszerűen

végezve a tisztítási eljárást kb. 1 gépórát becsülök rá, aminek ára a BME Atomfizika tanszéken jelenleg 150EUR + ÁFA.

Azonban az általam vizsgált cella jóval nagyobb méretű ($\varnothing 25 \times 250 \text{ mm}$), és kis sorozatban vagy egyedi gyártással készül, ami jelentős költségnövelő tényező. Továbbá a cella ára mellett a használt cella ki- és új cella beszerelésével, a mérés újbóli beállításával járó fáradságot és idővesztést is figyelembe kell venni, ami megtakarítható egy tisztítólézernek a plazmafizikai kísérleti berendezésbe való integrálásával. Továbbá környezetvédelmi szempontból is előnyös a meghosszabbított használati idő.

Gádos Pátrik

Bp. 2024. 12. 13.