

VÁLASZOK KARDON BÉLA AZ MTA DOKTORA KÉRDÉSEIRE

Legelőször is szeretném megköszönni Kardon Bélának az MTA Doktorának a dolgozat bírálatát. Külön köszönöm az elírási és értelemzavaró hibák jelzését, kijavítását.

A kérdésekre az alábbiakat válaszolom.

1. Az ELCAD alapvetően új típusú ködfény kisülés, aminek a vizsgálata a klasszikustól eltérő eredményekhez vezetett. Ezért a méréseket többször megismételtük, azokat reprodukálhatónak találtuk. A jellemző mérési hiba 10% volt. A kapott eredmények nemcsak az értelmezésükre megadott egyszerű modellekkel, hanem az egymást követő kísérleti eredményekkel is összhangban voltak és vannak. A kifogásolt esetekben ezért nem adtam meg a mérési hibát. De elfogadom a bíráló véleményét, a kísérleti eredmény csak így teljes.

2. Az elektrolitkatód (oldat) felületén megjelenő fényes foltból, a bíráló észrevételével egyezően, csak a középső, legfényesebb rész a valódi katódfojt (csak ez tartozik a tényleges áramvezetéshez), az oldalsó, halványabb részek pedig valóban a folyadék felszínén történő fényvezetés okozza.

3. Az ELCAD esetében megmértem a j_c katódos áramsűrűséget a p nyomás függvényében és azt kaptam, hogy $j_c \approx \text{áll} \cdot \sqrt{p}$. Ezt a klasszikustól eltérő viselkedést a H_2O^+ molekulaionok, mint a kisülés pozitív ionjainak a disszociatív rekombinációjával magyaráztam.

Olyan kutatást, azonban, amelyben csak az ELCAD plazmában lezajló, fenti disszociatív reakciót vizsgáltam volna, nem végeztem. Ennek oka egyrészt, hogy maga az ELCAD plazma igen kicsi (kúp alakú, átmérője kb. 1,5-4 mm, magassága kb. 3 mm), maga a folyamat pedig a 10^{-4} - 10^{-5} m hosszúságú katód sötéttérben megy végbe. A lehetőségeimet is figyelembe véve, számomra ez megoldhatatlan feladat volt. Másrészt, egy ilyen kutatási irány igen jelentős mértékben elvonta volna energiámat, figyelmemet a fő feladattól, az ELCAD működését, az emittált intenzitásait meghatározó folyamatok kiderítésétől.

4. A válaszomat azzal kezdem, hogy az ELCAD vizsgálatával egy teljesen új kutatási irányt indítottunk el. Érthető, hogy ez egy tanulási folyamat volt, ami megmutatkozott a felhasznált kísérleti módszerekben is. Ennek alapján, a feltett kérdésre a következőt válaszolom. A wolframanód túlmelegedését kerülendő, célszerű volt a nem túl nagy kisülési áramok használata. Ezért, az égési feszültség pH függésének méréséhez elegendő volt egy kisebb, $I=50$ mA áram alkalmazása. Az analitikai jel, azaz az emittált atomi vonalak, háttér sávok intenzitásainak mérése viszont megkívánta a nagyobb kisülési áramok

alkalmazását, de a fent említettek miatt az egyes mérések idejét csökkenteni kellett. A kutatással egyidejűleg futó cellafejlesztés során ezt a problémát sikerült megoldani. A wolframanódra egy hűtőlemez került, másrészt légáram hűti a wolframanódot.

5. Az eltérés oka az, hogy az intenzitások nyomásfüggéséről szóló cikket 1997-ben írtam, és ekkor az elektronsűrűséget (n_e) a p nyomással arányosnak tekintettem. Így az emittált atomi fémvonal intenzitásának nyomásfüggésére kaptam, hogy:

$$Int \approx \text{áll} \cdot p^8 \cdot \exp(-Bp) \quad (1)$$

Ezt az összefüggést illesztettem a Cd-I 228,8 nm vonal nyomás függvényében mért intenzitásaihoz az $Ap^8 \exp(-Bp)$ formula segítségével. Az illesztési paraméterek: $A=1,74 \cdot 10^{-21} [\text{mbar}^{-8}]$ és $B=2,53 \cdot 10^{-3} [\text{mbar}^{-1}]$ (Journ. Anal. At. Spectrometry. **12** 1203-1208 (1997)).

A katódos áramsűrűség nyomásfüggését csak ezután tanulmányoztam. Itt a már említett $j_c \approx \text{áll} \cdot \sqrt{p}$ eredményt kaptam, amiből következik, hogy $n_e \sim \sqrt{p}$ (J. Phys. D.: Appl. Phys. **31** 2818-2825 (1998)).

Ezt az eltérést csak a dolgozat megírásakor vettem észre. Az $n_e \sim \sqrt{p}$ arányossággal azonban (1) helyett a következőt kaptam:

$$Int \approx \text{áll} \cdot p^{13/2} \cdot \exp(-Bp) \quad (2)$$

Ezt a kifejezést, az $Ap^{13/2} \exp(-Bp)$ képlet segítségével az előbbivel azonos kísérleti görbéhez, a nyomás függvényében mért Cd-I 228,8 nm vonal intenzitásához illesztettem. Természetesen, az előzőtől eltérő illesztési paramétereket kaptam: $A=6,79 \cdot 10^{-18} [\text{mbar}^{-13/2}]$, $B=4,46 \cdot 10^{-4} [\text{mbar}^{-1}]$.

A fentiek azonban az intenzitás nyomásfüggésének jellegét nem, csak az A és B illesztési paramétereket változtatták meg. Így az atomi fémvonalak intenzitásának megfigyelt nyomásfüggésére adott magyarázat továbbra is érvényes.

6. Valóban, a 41. ábrán a katód sötéttér hosszának (d) a maximuma az általam megadott $\Theta \approx (7-8)^\circ$ helyett, egy szélesebb $\Theta \approx (4-8)^\circ$ tartományban jelentkezik. Itt az eredmény az, hogy a d értéke maximumot ad Θ szög függvényében: $d_{\max} \approx 7 \cdot 10^{-5}$ m. A további számolásaimhoz csak erre volt szükségem, a $\Theta \approx (4-8)^\circ$ maximum helyére pedig nem.

7. A kérdés első részére a következőt mondhatom. Az ELCAD nehézfém monitor eddig csak a szennyvíztelepek bejövő főgyűjtő vezetékének toxikus nehézfém (Zn, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb) tartalmát mérte, nagyüzemek közvetlen környezetébe még nem telepítettük.

Ennek egyik oka, az, hogy sokszor nem pontosan ismert az üzemek közüzemi csatornahálózatra való bekötési módja.

A kérdés második részére a következőt válaszolom. Az ELCAD plazma magas hőmérsékletű ($5-9 \times 10^3$ K). Egy ilyen magas hőmérsékletű plazmában a cián (HCN) az alkotóelemeire esik szét. Az analitikai mérés szempontjából ez a következő problémákat veti fel:

- Az ELCAD az önmaga által (katódporlasztással) létrehozott, telített vízgőzben működik. De a kisülési plazma magas hőmérséklete miatt a vízmolekulák bomlanak, így H és OH keletkezik. Azaz, az ELCAD „normális” működése is keletkeznek a plazmában H-atomok. A cián (HCN) méréséhez, pontosan tudni kell, hogy mekkora mennyiségű H-atom keletkezik az ELCAD saját működéséből és mekkora a HCN plazmabeli bomlásából.
- A mért intenzitáseloszlások szerint, az ELCAD működése során a levegőből származó nitrogén megjelenik a plazma külső héjában. Tehát ismét az előzőhöz hasonló helyzetben vagyunk. Szét kell választani az ELCAD saját működéséből, valamint a HCN bomlásából eredő nitrogén mennyiségét. Ehhez az ELCAD-ot N_2 -t nem tartalmazó, nemesgáz atmoszférában (hélium vagy argon) kell működtetni. Ez megtehető, de jelentősen rontja az ELCAD monitor jellegét (automatikus működését) és jelentősen emeli a készülék árát.
- Az ELCAD nehézfém monitorban alkalmazott fotoelektron sokszorozó detektálási hullámhossz tartománya $\lambda=200-750$ nm. A emittált atomi szénvonalak egy jelentős része a $\lambda > 900$ nm infravörös tartományban, a másik a $\lambda < 200$ nm-es vákuum ultraibolya tartományban található. Ez utóbbi, az ELCAD működési jellemzői alapján, igen bonyolult, különleges technikát igényel, ami egyúttal igen jelentősen növelné a berendezés árát. Ezért végig kell gondolni, hogy ez egyáltalán ebben a készülékben megéri-e vagy sem. A válaszhoz vegyük figyelembe azt, hogy az atomi szén fenti optikai átmeneteinek gerjesztési energiája általában minimum 8-9 eV. Az eddigi megfigyelések szerint az ELCAD plazmában nincsenek ilyen nagy energiájú elektronok. (Az emittált spektrumban a kalcium és a magnézium ionos átmenetein kívül egyetlen fém ionos átmenete sem jelenik meg).

Az elmondottak alapján, az ELCAD nehézfém monitor nem alkalmas a vízben feloldott cián-szennyezés kimutatására. Fokozottan igaz ez a bonyolultabb összetételű szerves szennyezésekre.

Befejezésül, ismét köszönöm a dolgozat bírálatát.
Budapest, 2012. március 12.

Mezei Pál