

# A lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia alkalmazási lehetőségei a földtani és környezetvédelmi kutatásokban<sup>1</sup>

ANDRÁSSY LÁSZLÓ<sup>2</sup>, LENDVAY PÁL<sup>2</sup>, LUPKOVICS GÁBOR<sup>4</sup>, KOZMA LÁSZLÓ<sup>3</sup>,  
NÉMETH BÉLA<sup>3</sup>

*A szerzők a dolgozatban áttekintik a lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópiai vizsgálatok földtani és környezetvédelmi alkalmazásának lehetőségeit és az elvégzett laboratóriumi mérések eredményeiről rövid összefoglalást adnak.*

*Ismertetik a mérések céljaira az OTKA Pécsi Regionális Műszerközpont Lézer-spektroszkópiai Laboratóriumában kifejlesztett OSMA spektrométert. Ismertetik a kísérleti méréseknél alkalmazott Nd:YAG lézerforrás és mérőrendszer főbb paramétereit és beszámolnak néhány optimalizálási kísérletről is.*

*Nagy tisztaságú Cd, Cu, Pb, Zn nehézfém mintákon mért lézer-indukált plazma emissziós spektrumokat mutatnak be és a 2. táblázatban összefoglalják az említett nehézfém minták emissziós spektrumvonal-hullámhossz, intenzitás relatív gyakoriság értékeit és összehasonlítják irodalmi (szikra, iv) adatokkal. A lézer-indukált plazma atom emissziós spektrumok időbeli vizsgálatának lehetőségeit Cd és Pb mintákon végzett mérések alapján bizonyítják.*

**L. ANDRÁSSY, L. KOZMA, P. LENDVAY, G. LUPKOVICS, B. NÉMETH: Application possibilities of the laser-induced plasma atomic emission spectroscopy in geological prospecting and in environmental protection research**

*The authors in this paper study the application possibilities of the laser induced plasma atomic emission spectroscopic investigation in geology and in environmental protection and give a brief summary of the results of laboratory measurements.*

*The introduce the OSMA spectrometer, developed for the measurements in Laser Spectroscopy Laboratory of the Regional Instrument Centre of OTKA in Pécs. The main features of the Nd:YAG laser source and of the measuring system are reviewed and a few experiments for optimization are introduced, too.*

*Laser induced plasma emission spectra are introduced which were measured on high-purity metal samples of Cd, Cu, Pb, Zn. The wavelength, the density and the probability values of the spectral lines are summarized in Table 2 and they are compared to literature data (spark, arc). The possibility to examine the time characteristics is proved by measurements made on Cd and Pb samples.*

## Bevezetés

A lézerek ipari alkalmazása nem vezethető vissza hosszú múltra. A jelen időszakban az ipar egyes területein (elektronikus alkatrészek előállítás, szerkezetvizsgálat, analitika, hírközlés és információfeldolgozás, gyártási és megmunkálási eljárások stb.) a lézertechnika bevezetése megtörtént és alkalmazási területe egyre bővül.

A lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia elméleti, laboratóriumi és módszertani hátterével foglalkozó irodalmak az utóbbi néhány évben jelentek meg, bemutatva az egyes országokban folyó kutatások eredményeit. A megjelent pub-

likációk közül csak néhány foglalkozik a lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia földtani alkalmazásával.

FRANZKE és társai [1992] tiszta fémek és fémötvözetek vizsgálatán túl néhány geológiai ásvány vizsgálatát is elvégezték. Az ablációt XeCl lézerrel pumpált festéklézer 370 nm-es, 8 mJ-os (teljesítménysűrűség  $2 \cdot 10^7$  W/cm<sup>2</sup>) impulzusával végezték el. Az egyik kőzet főleg ólom-szulfidot tartalmazott. Ezt a komponens a Pb(I) vonalak alapján lehetett azonosítani, de jelentkeztek Ca(I) és Ca(II) vonalak is (1. ábra).

A színeképek felvétele során az eddigi munkákban, a lövésenkénti szórások kiátlagolása miatt, mindig legalább 20–30 lézer impulzust követő mérés összegével vagy annak átlagával számoltak. A mikroanalitika számára azonban a lézer-indukált plazma emisszió akkor képes nagyon kis koncentrációk kimutatására, ha egyetlen impulzusból tud felvételt készíteni. Példaként a 2. ábrán irodalmi vizsgálatok alapján 0,02% alumíniumot tartalmazó mintán végzett egymást követő lézerlövések által indukált emissziós spektrumok láthatók.

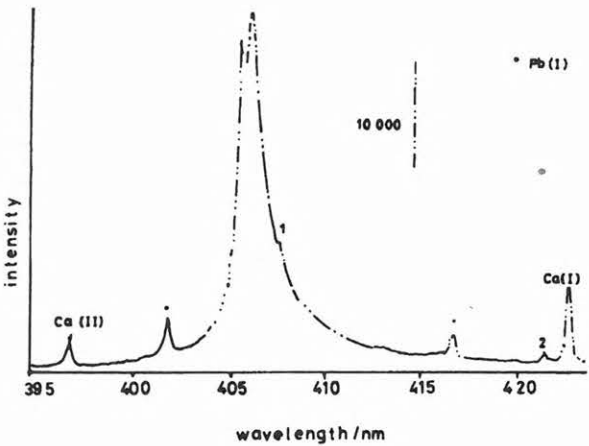
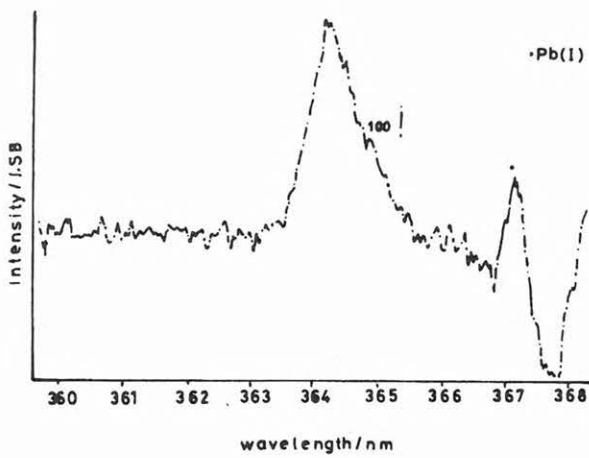
Lézerforrással gerjesztett laboratóriumi mikroanalitikai módszert (LMA) fejlesztettek ki [MOENKE

<sup>1</sup> Beérkezett: 1995. április 11-én

<sup>2</sup> Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

<sup>3</sup> Janus Pannonius Tudományegyetem Fizika Tanszék, H-7604 Pécs, Ifjúság útja 6.

<sup>4</sup> BIOMOM Orvosi, Optikai Fejlesztő és Gyártó Mémöki Kft., H-1125 Budapest, Rózse u. 19.



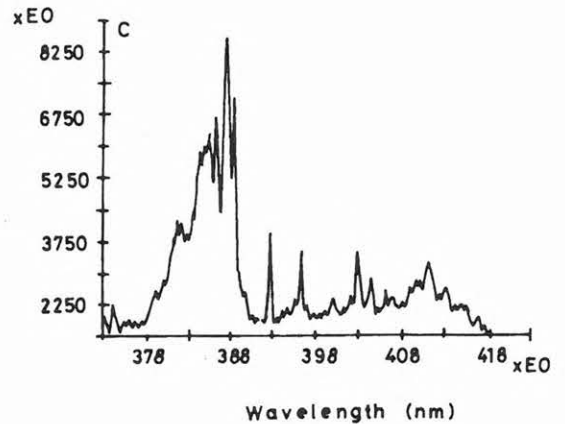
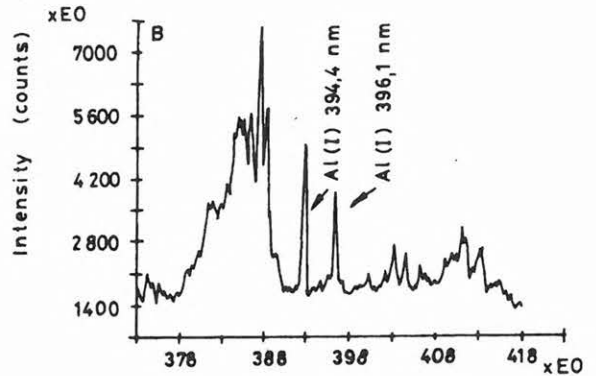
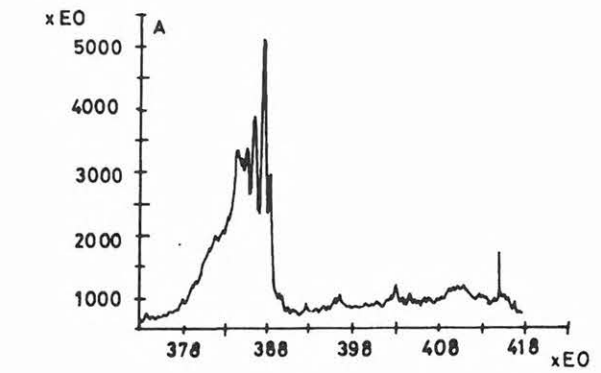
1. ábra. Galenit (PbS) lézer-indukált plazma emissziós spektruma [FRANZKE et al. 1992 nyomán]  
Fig. 1. Emission spectra of Galenit (PbS) [after FRANZKE et al. 1992]

et al. 1989] a Balti-tengerben előforduló ferromágneses konkréciók elemtartalmának a vizsgálatára. Az atom emissziós spektrometriai (AES) eljárásnál a plazma gerjesztést Q-kapcsolt rubinlézerrel oldották meg. A szilárd mintákat egy ultramikroszkóp mozgatható tárgyasztalára helyezték és a gerjesztett emissziós spektrumokat egy PGS2 spektrográffal vizsgálták.

Lézer forrással gerjesztett laboratóriumi fluoreszcencia módszert [KWANG BUM HONG 1989] fejlesztettek ki urán, eurórium és szamárium nyomelemek meghatározására. A fluoreszcencia emissziós spektrumot Yvon-3 spektrofluoriméterrel mérték. A gerjesztő lézerforrás nitrogén lézer volt. A fluoreszcencia keltést különböző adalékanyagok oldatba vitelével oldották meg.

A lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia földtani és környezetvédelmi alkalmazásának célkitűzéseit a következőkben foglaljuk össze:

A földtani alkalmazásnál a nyersanyaglelőhelyek előkutatási fázisában, illetve a bányüzemek részletező feltárási munkáinak a fúrómagminták elemi összetételének meghatározása a kitűzött feladat. A



2. ábra. Alumínium emissziós spektrumok porított mintán. A, B és C az első, második és harmadik megfigyelés után [OWENS, MAJIDI 1991 nyomán]

Fig. 2. Aluminium emission lines from a powder sample. A, B, and C are the emission profiles observed first, second, and third plasma, respectively [after OWENS, MAJIDI 1991]

környezetvédelmi alkalmazásnál a talajban előforduló és ott felhalmozódó, toxikus hatást előidéző nehézfémek (Cd, Cu, Pb, Zn) kimutatása a cél. A minták laboratóriumi vizsgálata, eltérően az ICP, ICP-MS és atomabszorpciós mérésektől (AAS), roncsolásmentesen, a kőzet eredeti állapotában történik. A kiválasztott minták elemi összetételének meghatározásán túl lehetőség nyílik az elemeloszlás szelvény menti tanulmányozására is, a minta folyamatos mozgatásával.

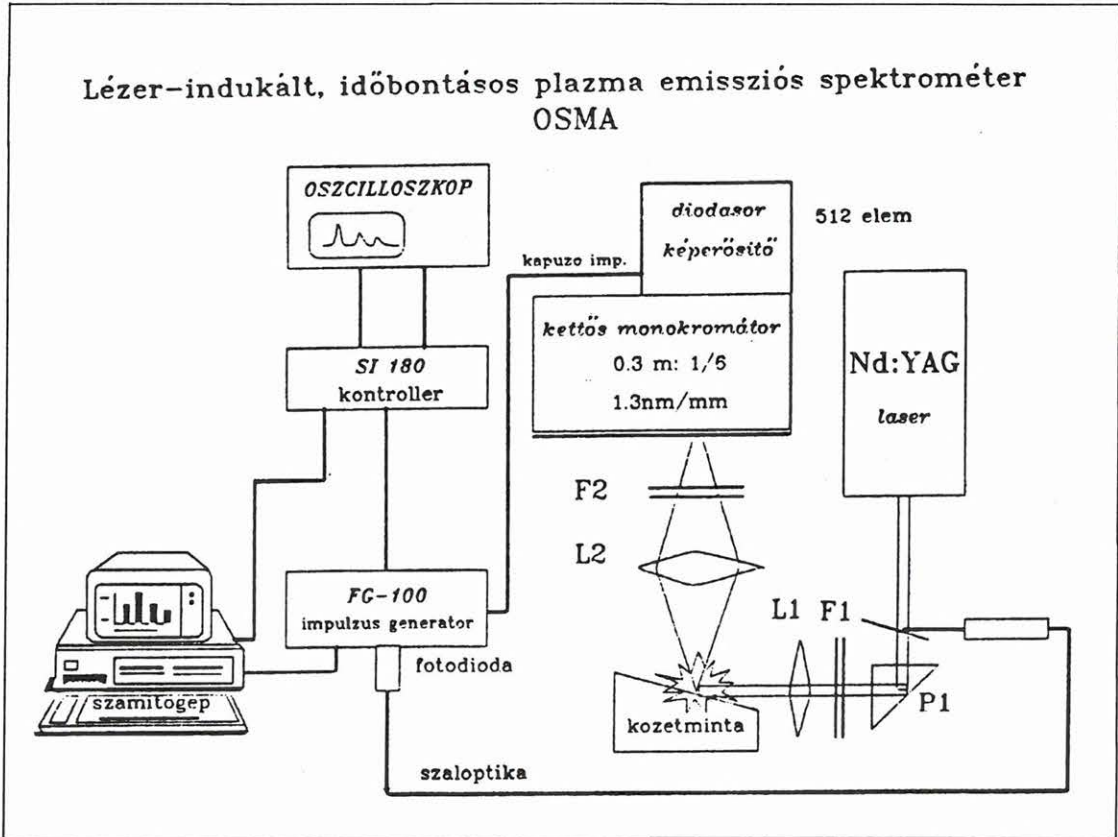
Egy nagy teljesítményű lézer impulzus ( közelítőleg:  $50 \text{ GW/cm}^2$ ) és a szilárd test (esetünkben kőzetminta, talajminta) kölcsönhatását követő folyamatokat, a szilárd test anyagi jellemzői (abszorpciós-reflexiós koeficiensek, hővezetési állandó, olvadáspont, ionizációs potenciál) határozzák meg. A kibocsátott lézer impulzus energiájának egy része abszorbeálódik, míg másik része reflektálódik. Az elnyelt energia az anyag helyi melegítését, majd a szilárd-folyékony átmenet teljes olvadékbá történő átalakulását eredményezi. A továbbiakban elnyelt lézerenergia a párolgáshőt fedezi, majd a magas hőmérséklet mellett a gyors gőzfejlődés jelentős felületi recessziót okoz, amely a kráter kialakulásához vezet.

A kiszakított forró plazmában kezdetben elsődleges elektronok, ionok találhatóak, amelyekre mint töltéssel bíró részecskékre szintén hat a lézer fénye, ami további lavinaszerű ionizációt eredményez. A plazma hőmérséklete a kezdeti extrém magas értékről kb.  $1 \mu\text{s}$  elteltével lassan lecsökken és a gerjesztett atomi és ionos formák sugárzás kibocsátásával az alapállapotba kerülnek. A kibocsátott sugárzás hullámhossza jellemző a vizsgált anyagot felépítő elemi összetételre.

Az irodalomban összefoglalt elméleti alapokat, a mérések elvégzésére kialakított mérési elrendezéseket, a plazma atom emissziós spektrumok feldolgozására kidolgozott eljárásokat szem előtt tartva az OTKA Pécsi Regionális Műszerközpont Lézerspektroszkópiai Laboratóriumában alapkutatói célokból kísérleti méréseket végeztünk az OSMA laboratóriumi spektrométerrel tiszta fém és kőzetmintákon a méréseknél alkalmazott Nd:YAG lézer paramétereinek optimalizálására, a mért indukált plazma emissziós spektrumok időbeli változásainak vizsgálatára és a vizsgált minták elemi összetételének a meghatározására. A laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapul szolgáltak a kifejlesztett LIPS2 hordozható lézer-indukált plazma spektrométerrel felvett emissziós spektrumok feldolgozásához és kiértékeléséhez, amelyről részletesen beszámolunk egy későbbi publikációnkban.

A méréseknél használt laboratóriumi összeállítás

A kísérleti mérések céljaira kialakított OSMA laboratóriumi spektrométer összeállítását a 3. ábrán mutatjuk be. A nagy teljesítménysűrűségű lézerim-



3. ábra. Lézer-indukált, időbontásos plazma emissziós spektrométer (OSMA) elrendezési rajza  
 Fig. 3. Scheme of laser induced, time resolved plasma emission spectrometer (OSMA)

pulzus előállítására Nd:YAG lézert használtunk, Q-kapcsolt üzemmódban.

A kísérleti méréseknél alkalmazott lézerforrás és mérőrendszer főbb paraméterei a következők:

jellegetes kimenő hullámhossz:	1,06 $\mu\text{m}$
a sugárnyaláb teljesítménye impulzus üzemenben:	1 MW
az emittált impulzus energiája:	20 mJ
az emittált impulzus időtartama:	12 ns
az emittált impulzus teljesítménysűrűsége:	50 GW/cm <sup>2</sup>
a késleltetés időtartama:	0,05–1,7 $\mu\text{s}$
az időkapu hossza:	0,4–2,5 $\mu\text{s}$
felbontóképeség:	0,03 nm/dióda.

A Nd:YAG lézerből kibocsátott nagy energiájú sugárnyalábot a 3. ábrán látható sematikus elrendezés szerint két nyalábra bontottuk. A nyaláb kis része egy vékony üveglap segítségével egy száloptika végére van kicsatolva, amely ezt a fényt a késleltetőkapuzó FG-100 típusú impulzus generátorba beépített fotodiódára juttatja, amely dióda triggereli ezt a generátort.

A lézer nyaláb 90–92%-a a P<sub>1</sub> prizmán és az L<sub>1</sub> lencsén keresztül jut a tárgyasztalra elhelyezett közetmintára. A nagy teljesítménysűrűségű lézerimpulzus által indukált plazma fényét egy monokromátor belépő részére fókuszáltuk. A belépő rész szélességét 30  $\mu\text{m}$ -re állítottuk be. A monokromátorba elhelyezett optikai rács vonalsűrűsége 1200 vonal/mm. A monokromátor szinusz-meghajtón keresztül állítható be, amelyet léptető motor mozgat. A monokromátor kilépő része helyére egy sokcsatornás optikai detektor-együttes van felszerelve. Ennek alapja egy szilíciumfotodióda-sor, amely elé egy csatornaelemes erősítő van illesztve. Az 512 dióda kiolvasását és digitális jelle alakítását az ST 180 típusú kontrollor végzi. A jobb jel/zaj viszony érdekében a diódasort termoelektromos hűtővel hűtjük. A mérőrendszer vezérlését, az adatok tárolását és feldolgozását egy IBM kompatibilis AT-386 típusú számítógép végzi, a POSMA nevű program felhasználásával.

A mérések elvégzéséhez a 250 nm-től 550 nm-ig terjedő hullámhossz-tartományt 15 nm-es egyenlő szakaszokra bontottuk fel. Az emissziós spektrumokat 20 lézerlövés átlagából számolva, szakaszonként az optikai rács motoros léptetésével regisztráltuk. A mérőrendszer kalibrációját higanygőz lámpa segítségével végeztük el. Felhasználva a higany 250 nm-től 550 nm-ig terjedő hullámhossz tartományba eső színképvonalait, az ismert csúcsok azonosítása után görbe illesztéssel meghatároztuk a hullámhossz csatornaszám összefüggést.

#### Alapkutatások a méréseknél alkalmazott Nd:YAG lézer paramétereinek optimalizálására

Alapkutatásokat végeztünk a laboratóriumi összeállításban szereplő Nd:YAG lézer paramétereinek optimalizálására, a gerjesztő impulzus jellemzőinek (impulzusenergia, Q-kapcsolt impulzus időbeli lefu-

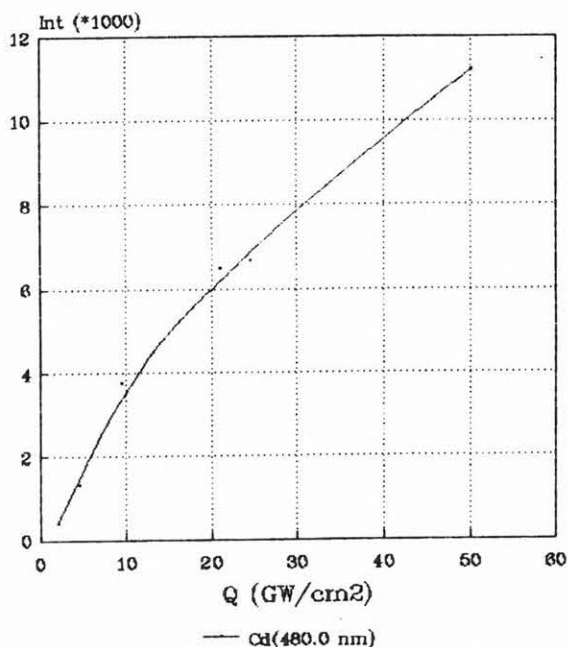
tása, átlagos teljesítménysűrűség) mérésére. A Nd:YAG lézerből kibocsátot fény útjába négy különböző vastagságú fénygyengítő üvegszűrőt helyeztünk el az energia csökkentése céljából. A vizsgált elemek a következők voltak: Al, Cd, Cu, Zn.

Az 1. táblázatban feltüntetjük a méréseknél beállított fénygyengítők transzmisszióját, a mintára jutó lézer impulzus energiáját és a minták felületén mért teljesítménysűrűség értékeket.

Kódszám	Transzmisszió %	Energia mJ	Teljesítménysűrűség 10 GW/cm <sup>2</sup>
1	100	20,0	50
2	42	8,4	21
3	18	3,6	9
4	9	1,8	4,5
5	4,5	0,9	2,2

1. táblázat. A méréseknél használt fénygyengítők transzmissziója, a lézer impulzus energiája és a teljesítménysűrűség értékek áttekintő táblázata  
Table 1. Surveying table of the transmission of the light-reducer used at measurements of the energy of the laser pulse and of the power density

A kiválasztott elemeken indukált plazma emissziós spektrumok vizsgálatából megállapítható, hogy a mintákon mért spektrumvonalak intenzitás értékei monoton növekvő polinomiális függvénykapcsolatban vannak a teljesítménysűrűség növekedésével. A 4. ábrán Cd nehézfém spektrumvonal intenzitás (Cd(I):479,80 nm) és teljesítménysűrűség görbéje látható. A teljesítménysűrűség változása a vizsgált tartományon belül nem volt hatással a vonalak alak-



4. ábra. Összefüggés a spektrumvonal intenzitás és a lézerforrás teljesítménysűrűség értékek között Cd elemre  
Fig. 4. Relation of spectral line intensity and the power density values of the laser source in case of Cd

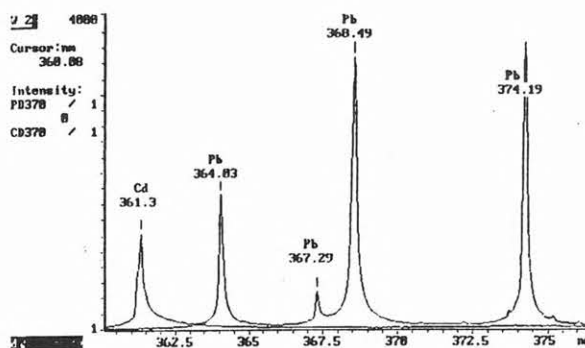
jára, ezért a minőségi analízist nem befolyásolja. A mennyiségi kiértékelésnél az elemi koncentráció meghatározása a vonal intenzitás értékekből történik, ezért a mérések elvégzéséhez stabil lézer impulzus ismétlődés szükséges és 10%-nál kisebb impulzus fluktuáció engedhető meg.

## Nagy tisztaságú fém mintákon végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményei

### Egyszerű tiszta fém minták plazma emissziós spektrumai

A gyakorlati feladat megoldásához egyszerű tiszta fém minták vizsgálatát végeztük el, abból a célból, hogy kiválasszuk az ultraibolya és a látható (kék, zöld) színek tartományban azokat a jellemző atom (ion) emissziós vonalakat, amelyek segítségével a vizsgált elemek egyértelműen azonosíthatók. A vizsgálatok másik célja az volt, hogy az említett szennyező elemek, illetve átlagos talajösszetételt feltételezve a mátrixelemek (Si, Fe, Ca, Mg, Al, P, Na, K) jellemző emissziós vonalainak azonosítása után az értelmezés elvégzéséhez nélkülözhetetlen elem adatkönyvtár létre tudjuk hozni.

A nagy tisztaságú Cu, Cd, Pb és Zn fém mintákon végzett lézer indukált plazma atom emissziós vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az egyes elemeken mért emissziós vonalak élesen elkülönülnek a felvett spektrumon. A vizsgált hullámhossz tartomány 250–550 nm volt. Példaként egy kiválasztott hullámhossz tartományban a 5. ábrán Cu és Zn, a 6. ábrán Cd és Pb tiszta fémek emissziós



6. ábra. Pb és Cd nehézfémek emissziós spektrumai a 360 nm-től 376,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban  
Fig. 6. Emission spectra of heavy metals Pb and Cd in the wavelength range 360 nm—376,5 nm

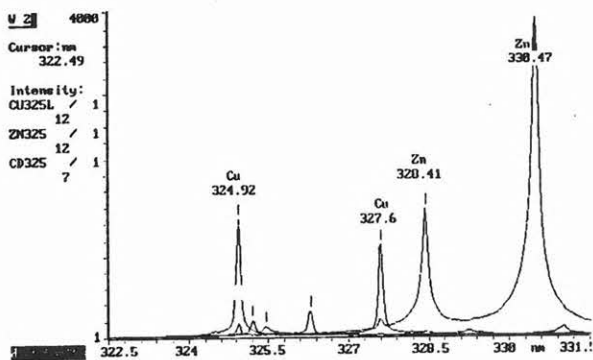
A teljes hullámhossz tartomány vizsgálata során a kiválasztott nehézfémekre (Cd, Cu, Pb és Zn) kijelölt interferenciamentes emissziós spektrumvonalak hullámhossz, intenzitás, relatív gyakorisági értékeit és az irodalmi adatokat a 2. táblázatban foglaljuk össze. Az egyes elemekre a teljes hullámhossz tartományban kijelölt és irodalmilag is egyeztetett interferenciamentes spektrumvonalak a kiértékelő szoftver számára létrehozott adatkönyvtárban megtalálhatók.

### A lézerrel indukált plazma atom emissziós spektrumok időbeli változásainak vizsgálata

A vizsgálatok célja annak tanulmányozása, hogy a kiválasztott nagy tisztaságú fém minták esetében, a lézer impulzusokat követően a plazma háttérsugárzása (plazma elektronsűrűsége) és az egyes elemekre jellemző színekvonalak intenzitása milyen időbeli változást mutatnak. Az időben bontott mérések eredményei alapján lehetővé válik az egyes nehézfémekre vonatkozó időkésleltetések és időkapu-hosszak optimális értékeinek meghatározása.

Az indukált plazma atom (ion) emissziós spektrumok időbeli változásainak elméleti alapja az, hogy a vizsgált színekvonal intenzitást és a plazma sugárzást az indukáló lézer impulzustól követően számos tényező befolyásolja. A plazma elektron hőmérsékletének 200–300 ns alatti gyors csökkenése 100 000 K-ről 5000–7000 K-re, a plazmában lévő elektronok koncentrációjának és kinetikai energiájának eloszlása a kisebb értékek felé tolódik el, csökken az atomok erőteljes ionizációja, csökken az ionizált atomok száma, következésképpen nő a neutrális formák aránya. Az atomi átmenetek számától függően a vizsgált nehézfémek „gerjesztett állapot” élettartama időben eltérő. A megfelelően beállított időkésleltetések segítségével az egyes elemekre jellemző spektrumvonalak kiemelhetők a háttérből és jól elkülöníthetők.

A vizsgálatok során a korábbiakban már optimalizált paraméterek mellett a méréseket négy különböző időkésleltetés mellett végeztük el. Az időkapu



5. ábra. Cu és Zn nehézfémek emissziós spektrumai a 321,5 nm-től 331,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban  
Fig. 5. Emission spectra of heavy metals Cu and Zn in the wavelength range 321.5 nm—331.5 nm

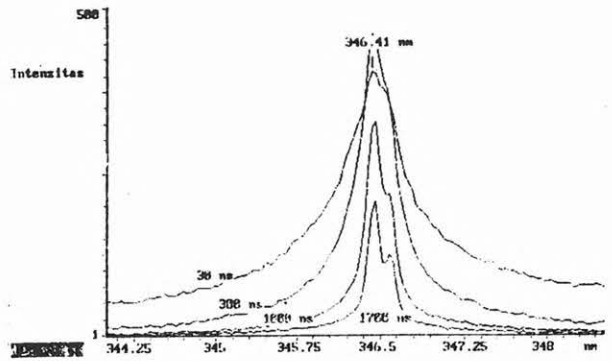
spektrumai láthatók. Az emissziós spektrumokról az irodalmi adatokkal (szikra és ív) is jól egyező spektrumvonalak olvashatók le, amelyekre jellemző hullámhossz értékek a következők az egyes elemekre:

Cd (I)	361,3 nm
Cu (I)	324,92 , 327,6 nm
Pb (I)	364,03 , 367,29 , 368,49 , 374,19 nm
Zn (I)	328,41 , 330,47 nm.

Elem	Hullám-hossz (nm)	Eltérés (nm)	Hullám-hossz (nm)	Intenzitás	Relatív gyakoriság	
	Irodalmi adat		Laboratóriumi mérés			
Cd	326.108	-0.184	326.29	320	4.0	
	340.300	-0.220	340.52	2000	12.5	
	346.620	-0.010	346.63	3000	18.7	
	361.051	-0.249	361.30	10000	62.5	
			441.60	1700	10.6	
			467.60	4000	25.0	
			479.80	14400	90.0	
			508.25	16000	100.0	
			533.30	1600	10.0	
			537.50	3000	18.7	
Cu	324.764	-0.156	324.92	1448	85.9	
	327.396	-0.204	327.60	1128	66.9	
	427.310	-0.390	427.66	1059	62.8	
	465.110	0.010	465.10	887	51.4	
	510.550	0.340	510.21	1885	100.0	
	515.320	0.440	514.88	559	33.2	
	521.820	0.460	521.36	1153	68.4	
	Pb	280.199	-0.081	280.28	230	1.9
		283.306	-0.154	283.46	238	1.9
				357.50	1231	10.2
363.958		-0.072	364.03	1711	14.2	
			367.29	450	3.7	
368.348		-0.142	368.49	3451	28.6	
			374.19	3650	30.2	
405.783		-0.017	405.80	12065	100.0	
			504.20	400	3.3	
			536.70	1400	11.6	
Zn	328.233	-0.177	328.41	1560	10.1	
	330.259	-0.211	330.47	3930	25.4	
	334.557	0.337	334.22	2470	15.9	
			468.00	3130	20.2	
	472.216	0.116	472.10	9370	60.6	
	481.053	0.053	481.00	15470	100.0	

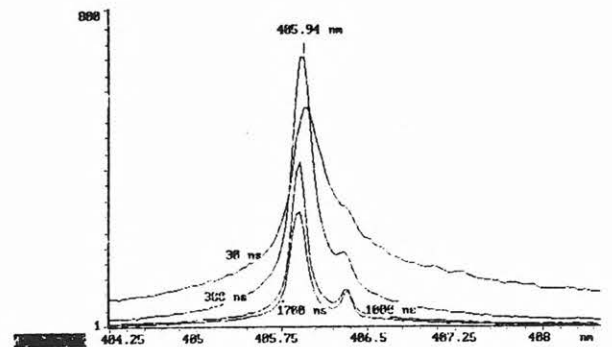
2. táblázat. Nagy tisztaságú fém mintákon laboratóriumban végzett lézer-indukált plazma emissziós spektrumvonalak táblázata

Table 2. Table of the laser-induced plasma emission spectral lines of high purity metal samples measured in laboratory



7. ábra. Cd nehézfém emissziós spektrumának időbeli alakulása a 344 nm-től 348,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban

Fig. 7. Changing in time of emission spectra of heavy metal Cd in the wavelength range 344 nm—348.5 nm



8. ábra. Pb nehézfém emissziós spektrumainak időbeli alakulása a 404,25 nm-től 408,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban

Fig. 8. Changing in time of emission spectra of heavy metal Pb in the wavelength range 404.25 nm—408.5 nm

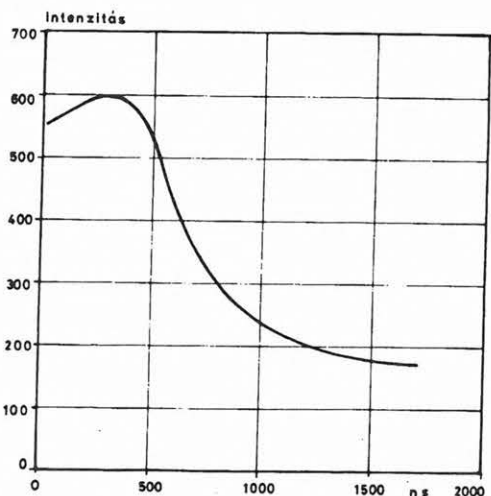
hossza 0,4  $\mu$ s volt. Az időkésltetések és hozzájuk tartozó kódok a következők voltak:

Kód	Késleltetési idő
A3	30 ns
C2	300 ns
C6	1000 ns
C10	1700 ns

A szinképi eloszlás időbeli alakulásait láthatjuk a 7. ábrán Cd-ra és a 8. ábrán Pb-ra. Az ábrák alapján az időbeli eloszlás azzal jellemezhető, hogy a kezdeti magas háttérből alig kiemelkedő, széles vonalak, időben egyre keskenyebbek lesznek, ugyanakkor a háttér szintje nagyon gyorsan lecsökken. Példaként a 9. ábrán a Pb 405,94 nm-es spektrum vonal intenzitás eloszlását láthatjuk a késleltetési idő függvényében. Az intenzitás érték a kezdeti növekedés után, kb. 300–500 ns késleltetésnél éri el a maximumot, majd lassú csökkenést mutat.

### Következtetések

Dolgozatunkban a lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia laboratóriumi mérések eredményeiről adtunk rövid összefoglalást. A labo-



9. ábra. Pb 405,94 nm spektrumvonal intenzitás eloszlása az időkésltetés függvényében

Fig. 9. Changing in time of intensity of Pb 405.94 nm spectral line depending on time delay

ratóriumai vizsgálatokat a talajban előforduló, majd ott felhalmozódó, toxikus hatást előidéző nehézfém (Cd, Cu, Pb és Zn) vizsgálatokkal kezdtük el, a mért emissziós spektrumok kiértékelése céljából. Az általunk mért spektrumokon a kiválasztott elemekre élesen elkülöníthető, interferenciamentes spektrum vonalak jelölhetőek ki, amelyek igen jól felhasználhatók a későbbi kiértékelés számára.

Jövőbeli feladatunk az egyszerű minták vizsgálatán túl bonyolultabb elemi összetételű fűrőmag minták, szennyezett talajminták (iszap) és a LIPS2 hordozható lézer-indukált plazma spektrométer hitelesítése céljából beszerzésre kerülő etalon minták vizsgálata.

Folytatni kívánjuk a lézer-indukált plazma atom emissziós spektrumok időbeli eloszlás vizsgálatait bonyolultabb összetételű geológiai mintákon. A mintákban előforduló elemekre meghatározzuk az időkéssleltetések és időkapuhosszak optimális értékeit. Tanulmányozni kívánjuk a geológiai minták roncsolásmentes vizsgálata során az indukált emissziós spektrumok és a mikrokönyezet közötti kapcsolatot. A geológiai minták vonalmenti, illetve területmenti elemeloszlása alapján meghatározzuk a mintára jellemző vizsgált elem reprezentatív értékét.

## HIVATKOZÁSOK

- FRANZKE D., KLOS H., WOKAUN A. 1992: Element Identification on the Surface of Inorganic Solids by Excimer Laser-Induced Emission Spectroscopy. *Appl. Spectrosc.*, **46**, 4, 587-592
- KWANG BUM HONG 1989: Application of Laser-Induced Fluorescence for determination of trace Uranium, Europium and Samarium. *Talanta*, **36**, 1095-1099
- MOENKE L., JAHN K., BRÜGMAN L. 1989: Laser-Micro-Analytical Studies on Distribution Pattern

of Manganese, Iron and Barium in Fe/Mn-Accumulates of the Western Baltic Sea. *Chem. Erde* **49**, 39-46

- OWENS M., MAJIDI V. 1991: Effect of high pressure buffer gases on emission from laser-induced plasmas. *Appl. Spectrosc.*, **45**, 6, 949-952

## IRODALOMJEGYZÉK

- ANDRÁSSY L., KOZMA L., LENDVAY P., LUPKOVICS G., NÉMETH B. 1993: Real Time in Situ Application of the Laser Induced Plasma Spectrometry. The Field Mode Laser Spectrometer LIPS-1-60, SPIE Vol, 1993 Optics as a Key to High Technology 1005
- HWANG Z.V., TENG Y. Y., SNEDDON K. P. 1991: Interaction of a Laser Beam with Metals, Part I :Quantitative Studies of Plasma Emission. *Appl. Spectrosc.*, **45**, 3, 435-441
- KO J. B., SDORRA W. 1989: On the Internal Standardization in Optical Emission Spectrometry of Microplasmas Produced by Laser Ablation of Solid Samples. *Fresenius Z. Anal. Chem.*, **335**, 648-651
- LEE Y. I., SEWAN S. P., THIEM T. L., TENG Y.Y. 1992: Interaction of a Laser Beam with Metals, Part II: Space-Resolved Studies of Laser-Ablated Plasma Emission. *Appl. Spectrosc.*, **46**, 3, 436-441
- NIEMAX K., SDORRA W. 1990: Optical Emission Spectrometry and Laser-Induced Fluorescence of Laser Produced Sample Plumes. *Appl. Opt.*, **29**, 33, 5000-5006
- NORDSTROM R. 1993: Laser-Induced Plasma Spectroscopy. *Lasers & Optronics*, 23-24
- RADZIEMSKI L. J., CREMERS D. A. 1989: Laser-Induced Plasmas and Applications. Marcel Dekker, New York, Chap 7