بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،

دانشگاه خوارزمی،

تهران، ایران.

۱۵-۱۶ بهمن ۱۳۹۸

شناسایی کانی‌های مسیر حفاری چاه نفت با استفاده از طیف‌سنجی فروشکست القائی لیزری

محمد مهدی فانی، پرویز پروین*، علی بوالی، ستاره ابراهیم نسب، زهرا زارع، علیرضا آکنده

دانشکده فیزیک و مهندسی انرژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

*parvin@aut.ac.ir

چکیده - طیف‌سنجی LIBS یک تحلیل شیمیایی سریع، آسان و بدون نیاز به آماده‌سازی نمونه در اختیار می‌گذارد. در این پژوهش نشان داده ایم که با استفاده از لیزر پالسی و طیف‌سنجی فروشکست القایی لیزری می‌توان خصوصیات فیزیکی سنگ مخزن مانند جنس سنگ‌های موجود در مسیر حفاری و میزان تخلخل آن‌ها را تشخیص داد. با استفاده از این روش بخشی از ساختار شیمیایی سنگ مخزن کربناته آسماری اهواز بررسی و با روش‌های فعلی شناسایی کانی‌های مخازن نفتی مقایسه شده است.

کلید واژه - تابش یونی، حفاری و اکتشاف چاه نفت ، طیف سنجی فروشکست القائی لیزری، لیزر

Identification of mineral oil wells using laser spectrometry

Mohammad Mahdi Faani, Parviz Parvin*, Ali Bavali, Setareh Ebrahimnasab, Zahra Zare, Alireza Akande

Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. Tel: 02164545233

*parvin@aut.ac.ir

Abstract_ The LIBS spectroscopy provides a quick, easy, and most importantly chemical analysis without the need for sample preparation. In this research, we have shown that using laser pulses and laser induced breakdown spectroscopy (LIBS), the physical properties of the oil reservoir rock, such as the rocks in the drilling path and their porosity, are evaluated. Using this method, a part of the chemical structure of the Asmari carbonate reservoir of Ahwaz was investigated and compared with the current methods for identifying mineral reservoirs.

Keywords: Ion radiation, Laser, Laser induced breakdown spectrometry, Oil well drilling and exploration

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

مقدمه

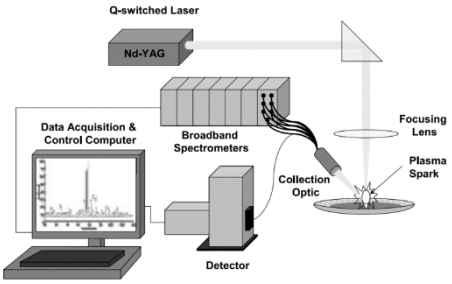
طیف‌سنجی فروشکست القایی لیزری یکی از انواع روشهای طیف‌سنجی است که بیشتر برای شناسایی عناصر سازنده یک ماده و مقدار آنها استفاده می‌شود. این روش مبتنی بر بررسی مستقیم نمونه بدون نیاز به آماده‌سازی (یا با کمترین آماده‌سازی) جهت یافتن سریع عناصر سازنده آن نمونه، می باشد. با توجه به خصوصیات منحصربه‌فرد لیزر، کاربرد این وسیله به‌ویژه در دهه اخیر در حوزه‌های مختلف، بخصوص در صنعت نفت پیشرفت فراوانی داشته است زیرا می‌توان به سرعت و دقت بالایی در اندازه گیری و بررسی دست یافت.

مواد و روش‌ها

در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در استفاده از LIBS جهت بررسی مواد از راه دور در ایستگاه‌های هسته‌ای، تحلیل زمین‌شناسی در اکتشافات فضایی، باستان‌شناسی و ... حاصل‌شده است. امروزه در زمینه تحلیل سریع و کامل شیمیایی در مقیاس اتمی، LIBS یک روش محبوب و موثر به‌حساب می‌آید.

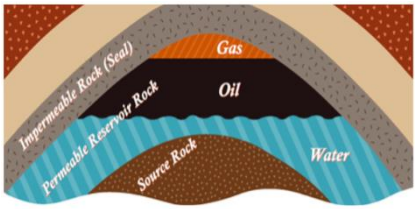
LIBS بر پایه تحلیل خطوط طیفی تابش شده از پلاسمای القایی لیزری استوار است. اتم‌ها هنگامی‌که به حالت انرژی پایین‌تر بازمی‌گردند، به صورت خودبه‌خود تابش می‌کنند که شدت تابش به تمرکز اتم‌های موجود در نمونه بستگی دارد[۱, ۲]. در شکل ۱ اصول کلی LIBS ترسیم شده است. در این شکل یک لیزر پالسی به منظور ایجاد میکروپلاسما بر روی نمونه متمرکز شده است.

پلاسمای تشکیل‌شده به‌وسیله پالس لیزر، نوری را گسیل می‌کند که این نور شامل خطوطی گسسته است. این خطوط گسسته عناصر ترکیبی ماده را توصیف می‌کنند و سه ویژگی اساسی دارند: طول موج، شدت و شکل. این ویژگی‌ها هم به ساختار اتم‌های تابش کننده وابسته هستند و هم به عوامل محیطی. هر اتمی سطوح انرژی متفاوتی دارد که طول موج این خطوط را تعیین می‌کند. علاوه بر شناسایی عناصر موجود در نمونه، با توجه به شدت‌های به‌دست‌آمده برای طول‌موج‌ها، می‌توان نسبت عناصر نمونه را نیز تخمین زد. لیزر آزمایش، یک سیستم تشدیدگر-تقویت‌کننده نئودیمیوم یاگ پالسی در طول موج ۱۰۶۴ نانومتر با نرخ تکرار ۵ بار در ثانیه، عرض پالس ۱۰ نانوثانیه و انرژی ۱۵۰ میلی‌ژول در هر پالس است. از طیف سنج توری پراش Avantes مدل ۲۰۴۸ با تفکیک طول موجی ۰/۴ نانومتر برای آشکارسازی طیفهای LIBS استفاده شده است.



شکل ۱ چیدمان طیف‌سنجی LIBS[۳].

هر چاه نفت یا گاز، از سه قسمت اصلی به نام سنگ مادر ، سنگ مخزن و پوش‌سنگ تشکیل می‌شود[۴]. در شکل ۲ شمای ساده یک مخزن نفتی قابل مشاهده است.



شکل ۲ شمای کلی یک مخزن نفت

مواد مورد آزمایش یکی از کمیاب‌ترین سنگ‌های مخزن نفت شامل مغزه برداشت‌شده از مخزن آسماری اهواز بعلاوه چند نمونه سنگ معدنی غیرنفتی است. مغزه استخراج شده یک سنگ کربناته خالی از نفت به قطر ۹ cm و ارتفاع ۴۵ cm است. اغلب مخازن نفتی ایران سنگ کربناته هستند. نفت خام موجود در نمونه مورد آزمایش، کاملا تخلیه‌شده و

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]

به‌طور کامل خشک شده است. در شکل۳ نمونه خشک جداشده قابل مشاهده است.

شکل ۳ مغزه کامل جداشده از مخزن نفت آسماری اهواز.

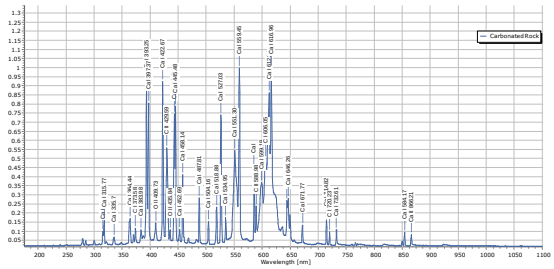
سنگ دیگری که مورد آزمایش قرار گرفت، پوش‌سنگ نمکی بود که تصویر آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

شکل ۴ یک نمونه پوش‌سنگ نمکی.

بحث

اولین آزمایش مربوط به نمونه سنگ مخزنشکل۳ بوده است. این سنگ ساختاری غالب، متشکل از کلسیم، کربن و اکسیژن دارد. در ادامه طیف LIBS این نمونه بررسی خواهد شد. سنگ کربناته یک نوع سنگ بر پایه کلسیم است و در نتیجه تعداد خطوط نشانگر کلسیم در طیف LIBS این سنگ بسیار بیشتر از عناصر دیگر است .

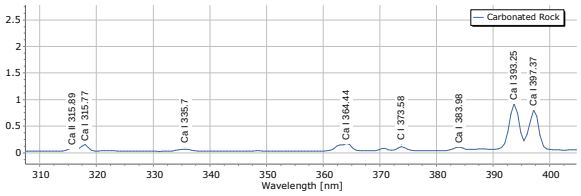
پس از پردازش طیفهای LIBS این نمونه، خطوط شناسایی‌شده مربوط به ماده طبق شکل۵ تعیین شدند. فرمول شیمیایی غالب سنگ‌های کربناته CaCO3 است و معمولاً در کنار آن مقداری ناخالصی‌های دیگر به صورت رسوبی نفوذ کرده‌اند. بنابراین انتظار می‌رود که خطوط مربوط به کلسیم، کربن و اکسیژن در این طیف، غالب باشند.



شکل ۵ طیف LIBS و عناصر شناسایی‌شده مربوط به سنگ کربناته آسماری اهواز.

تحلیل ناحیه فرابنفش

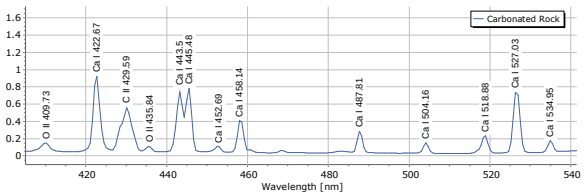
شکل ۶ ناحیه فرابنفش طیف را نشان می‌دهد. همان‌طور که انتظار می‌رود، خطوط کلسیم و کلر با بیشترین احتمال گذار ظاهرشده‌اند. در این ناحیه دو خط ۹۳/۲ nm و ۳۹۷/۳nm از شدت بیشتری برخوردار هستند بنابراین جزو خطوط مهم در شناسایی سنگ مخزن کربناته به شمار می‌آیند.



شکل ۶ ناحیه فرابنفش طیف سنگ کربناته.

تحلیل ناحیه مریی

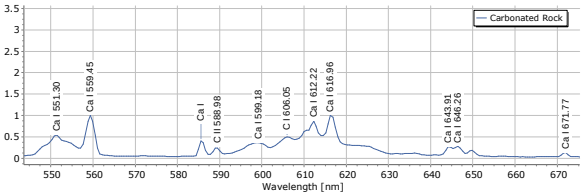
ناحیه مریی در شکل ۷ و شکل ۸ بیانگر خطوط بیشتری از کربن در این ناحیه هستند. در این ناحیه خطوط مربوط به اکسیژن نیز ظاهر شدند.



شکل ۷ ناحیه مریی طیف سنگ کربناته در محدوده ۵۴۰ nm – ۴۱۰nm.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]

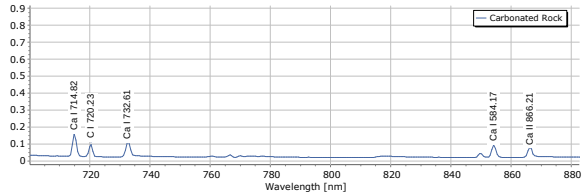


شکل ۸ ناحیه مریی طیف سنگ کربناته در محدوده ۶۸۰ nm – ۵۴۰nm.

در طیف مریی نیز خطوط شاخص و بلند مربوط به کلسیم هستند.

تحلیل ناحیه فروسرخ

در این ناحیه خطوط شاخصی وجود ندارد و تنها خطوطی مربوط به کلسیم و کربن قابل مشاهده است. این ناحیه از طیف سنگ کربناته در شکل ۹ قابل مشاهده است.



شکل ۹ ناحیه فروسرخ طیف سنگ کربناته در محدوده ۸۸۰ nm – ۷۰۰nm.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش روشی سریع، کم‌هزینه، بی‌خطر و آسان بر اساس طیف‌سنجی فروشکست القایی لیزری، برای چاه پیمایی در مرحله ی اکتشاف نفت ارائه شده است. با به کارگیری لیزر نئودیمیوم یاگ پالسی در طول موج ۱۰۶۴ نانومتر با نرخ تکرار ۵ بار در ثانیه، عرض پالس ۱۰ نانوثانیه و انرژی ۱۵۰ میلی‌ژول در هر پالس و روش طیف‌سنجی فروشکست القایی لیزری می‌توان خصوصیات فیزیکی سنگ مخزن مانند جنس سنگ‌های موجود در مسیر حفاری و میزان تخلخل آن‌ها را تشخیص داد. با کمک این روش بخشی از ساختار شیمیایی سنگ مخزن کربناته آسماری اهواز بررسی و با روش‌های متعارف شناسایی کانی‌های مخازن نفتی مقایسه شد. به کارگیری روش در مورد سنگ کربناته نشان داد که پس از تحلیل طیف‌های مربوطه، این سنگ به راحتی قابل شناسایی است.

مراجع

1. X. Hou and B. T. Jones, "Field instrumentation in atomic spectroscopy," Microchemical Journal, vol. 66, no. 1-3, pp. 115-145, 2000.
2. Y.-I. Lee, K. Song, and J. Sneddon, Laser-induced breakdown spectrometry. Nova Publishers, 2000.
3. R. S. Harmon, F. C. De Lucia, A. W. Miziolek, K. L. McNesby, R. A. Walters, and P. D. French, "Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)–an emerging field-portable sensor technology for real-time, in-situ geochemical and environmental analysis," Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis, vol. 5, no. 1, pp. 21-28, 2005.
4. http://oilexploration.ir./

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-06-20]