شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه تخصصی

دانش آزمایشگاهی ایران

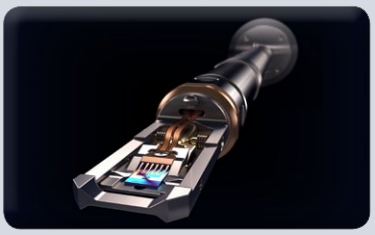
ISSN 2538-3450

سال هشتم ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹ ■ شماره پیاپی ۳۱

مطالعات مبتنی بر الکتروانسفالوگرافی کمّی در علوم شناختی

- تقدیر از پژوهشگران منتخب و آزمایشگاه‌های برتر شبکه آزمایشگاهی با حضور دکتر ستاری
- حمایت شبکه آزمایشگاهی از خانواده ۱۰۰ هزار نفری اعضای باشگاه مشتریان

جایگاه و اهمیت مقایسات بین آزمایشگاهی در فعالیت‌های آزمایشگاهی



کاربردهای میکروسکوپ الکترونی عبوری محیطی درجا / بهنگام مجهز به محیط گازی کنترل شده در حوزه‌های مختلف

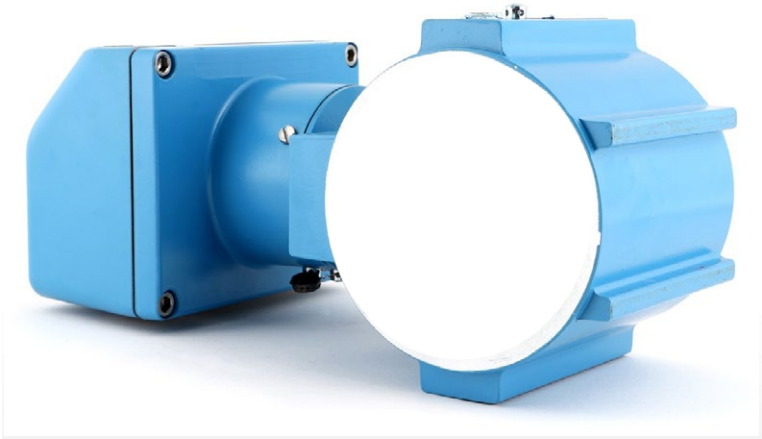
آشنایی با روش آنالیز طیف‌سنجی نشر نوری با تمرکز بر دستگاه کوانتومتر

مروری بر روش‌های ورود نمونه به دستگاه پلاسمای جفت شده القایی نشری و جرمی بر پایه مهپاش‌های بادی

برش مستقیم بزرگ مقیاس آزمایشگاهی سنگ

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسندگان
رضا باقری[1*]
مرتضی اسدالله‌زاده تنسوان[1]
*re.ba14220@gmail.com



آشنایی با روش آنالیز طیف‌سنجی نشر نوری با تمرکز بر دستگاه کوانتومتر

چکیده

طیف‌سنجی نشر نوری[2] یکی از روش‌های قدیمی بررسی مواد است که برای آنالیز کمی و کیفی فلزات، آلیاژها، سنگ‌ها، مواد معدنی و غیره استفاده می‌شود. در این روش، حد تشخیص در حد پیکوگرم برای خیلی از عناصر قابل دستیابی است. اساس عملکرد این روش مبتنی بر تهییج الکترون، تغییر سطح انرژی الکترون و ساطع شدن فوتوالکترون است. مقدار انرژی فوتوالکترون‌های ساطع شده، شناسنامه ماده به شمار می‌آید. دستگاه کوانتومتر یکی از دستگاه‌هایی است که از این فناوری استفاده می‌کند. این دستگاه شامل منبع تهییج، بخش جدا کننده فوتوالکترون‌ها و بخش آشکارساز است. بخش جداکننده از فناوری گریتینگ و بخش آشکارکننده از فناوری لوله‌های تقویت کننده فوتون استفاده می‌کند.

واژه‌های کلیدی

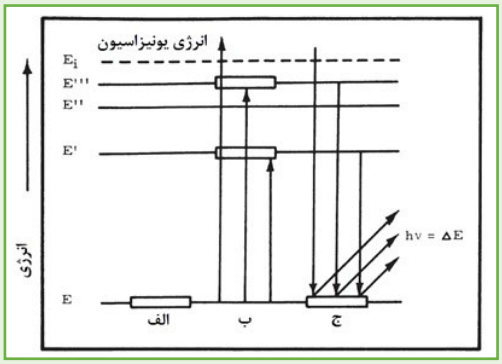
طیف‌سنجی نشر نوری، کوانتومتر، گریتینگ، لوله تقویت کننده فوتون.

مقدمه

طیف‌سنجی نشر نوری یکی از روش‌های به نسبت قدیمی آنالیز است که برای آنالیز کمی و کیفی استفاده می‌شود. در ابتدا از شعله به‌عنوان منبع نور برای OES استفاده می‌شد. در دهه ۱۹۵۰ و اوایل دهه ۱۹۶۰ به علت قابلیت تهییج بیشتر، استفاده از قوس یا جرقه غالب شد. در دهه ۱۹۶۰، پلاسمای جفت شده القایی[۳] برای اولین بار به‌عنوان منبع نوری به OES اضافه شد. در حال حاضر پلاسمای جریان مستقیم[۴]، پلاسمای ماکروویو[۵] و پلاسمای لیزر القا شده[۶] نقش مهمی به‌عنوان منبع نوری OES ایفا می‌کنند. این روش، محدوده طول موج ماوراءبنفش، مرئی و مادون قرمز را شامل می‌شود [۱].

اگرچه OES روش قدیمی آنالیز به حساب می‌آید، اما هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاربردهای منحصر به فرد و جدیدی در سال‌های اخیر داشته است. این روش به‌طور گسترده‌ای در زمینه آنالیز فلزات یا آلیاژها، سنگ‌ها و مواد معدنی و ضایعات در مباحث مربوط به محیط‌زیست استفاده می‌شود [۱]. مطالعات اخیر در مورد OES بیشتر مربوط به تجهیزات جدید بوده و شامل ارتقاء عملکرد تجهیزات مانند حد تشخیص و محدوده دینامیک خطی، بهینه‌سازی شرایط تجربی شامل متغیرهای تجهیزات و رفع تداخل ناشی از عناصر همراه یا پیوند مولکولی یا پس‌زمینه است [۲]. در این روش، از گاز خنثی مانند آرگون استفاده می‌شود. البته این روش را می‌توان در اتمسفر هوا بدون گاز اضافی نیز انجام داد. در این روش حد تشخیص در حد پیکوگرم برای خیلی از عناصر قابل دستیابی است. حساسیت برای عناصری مانند هافمیم و تنگستن که به سختی تهییج می‌شوند نیز قابل ارتقاء است [۱].

طیف نشر نوری عناصر با جابجایی الکترون‌های لایه‌های دورتر از هسته اتم بوجود می‌آید. این پدیده در شکل (۱) با مقایسه حالت پایه و حالت تهییج شده نشان داده شده‌است. یک الکترون در یک اتم مشخص، با عدد کوانتومی و انرژی مشخص تعریف شده‌است. زمانی که انرژی الکتریکی، نوری یا حرارتی به اتم وارد می‌شود، الکترون‌ها از لایه کم انرژی به لایه پرانرژی منتقل می‌شوند. بعد از مدت زمان کوتاهی الکترون تهییج شده به حالت اولیه خود باز می‌گردد. اختلاف انرژی الکترون در دو لایه به‌صورت تابش الکترومغناطیس ساطع می‌شود. طبق قانون بقای انرژی، انرژی فوتون ساطع شده ($h\upsilon$) باید برابر با اختلاف انرژی الکترون در دو لایه ($E\Delta$) باشد. h ثابت پلانگ و υ فرکانس نوسان است [۳].



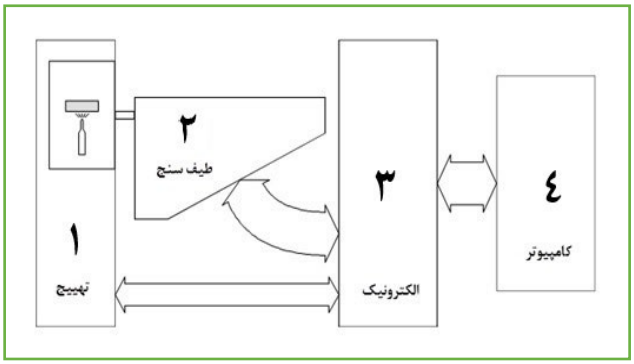
شکل (۱): دیاگرام سطح انرژی الکترونی. (الف): حالت پایه، (ب): تهییج و (ج): نشر [۱].

با توجه به قانون بور، الکترون‌ها در حالت کوانتومی مخصوص خود پایدار هستند. بنابراین، در زمان تهییج، اختلاف انرژی و فرکانس خاص برای آنها تعریف شده‌است. این پدیده، وجود طیف خطی مشخص برای هر اتم را توجیه می‌کند. به‌عنوان مثال، در مورد آهن، حدود ۵۰۰۰ خط نوری ثبت شده‌است. با توجه به اینکه احتمال این انتقالات الکترونی زیاد است، خطوط خاصی برای شناسایی طیف هر عنصر تعریف می‌شود. به‌طور کلی، یک دستگاه طیف‌سنج نشری شامل ۳ جزء است که عبارتند از: منبع تهییج، بخش جدا کننده و بخش آشکارساز. تمام دستگاه‌هایی که از این فناوری استفاده می‌کنند، دارای این سه بخش هستند [۴].

دستگاه کوانتومتر

اولین مدل از این دستگاه در سال ۱۹۸۲ توسط شرکت ترمو فیشر[۷] ساخته شد. این دستگاه که برای آنالیز نمونه‌های فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به‌صورت تک پایه و چند پایه قابل طراحی است. از ویژگی‌های مهم این دستگاه می‌توان به دقت، صحت و سرعت آنالیز بالا اشاره نمود. این دستگاه در کمتر از ۴۰ ثانیه نمونه را آنالیز می‌کند. این دستگاه از آشکارسازهای PMT برای آنالیز فلزات استفاده می‌کند که نسبت به آشکارسازهای بار جفت شده[۸] از دقت بالاتری برخوردار هستند. این دستگاه در محدوده طول موج ۴۷۰ nm-۱۷۰ کار می‌کند. شکل (۲) نمایی از بخش‌های مختلف دستگاه و چگونگی ارتباط آن‌ها را نشان می‌دهد. بخش (۱) منبع ولتاژ بالا است که انرژی لازم برای تهییج الکترون را تامین می‌کند.

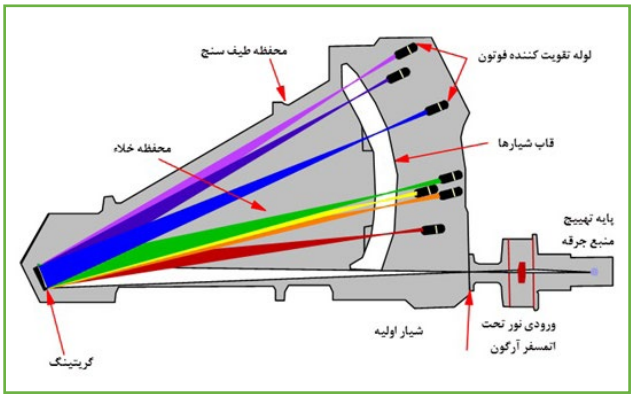
بخش (۲) مربوط به طیف‌سنج و بخش (۳) تجهیزات الکترونیک را نشان می‌دهد. نتایج در بخش (۴) تحلیل و نمایش داده می‌شود [۵].



شکل (۲): نمایی از بخش‌های مختلف دستگاه کوانتومتر و ارتباط بین آن‌ها [۵].

سازوکار آنالیز نمونه‌های فلزی با دستگاه کوانتومتر

شکل (۳) نمایی از بخش تهییج، سیستم نوری و آشکارسازهای دستگاه را نشان می‌دهد [۵].



شکل (۳): نمایی از بخش تهییج، سیستم نوری و آشکارساز دستگاه کوانتومتر [۵].

تهییج نمونه

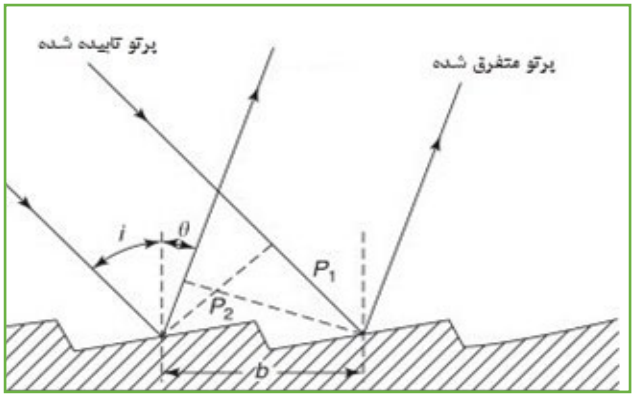
نمونه فلزی که سطح آن پرداخت شده‌است، در محل مناسب روی استند دستگاه قرار می‌گیرد. فاصله مناسب سطح نمونه تا الکترود تنگستنی برای تشکیل منطقه پلاسما ۳ mm است. برای ایجاد قوس پایدار، جریان گاز آرگون بین نمونه و الکترود برقرار می‌شود. بعد از شروع آنالیز و اعمال پتانسیل الکتریکی، تخلیه الکتریکی بین نمونه و الکترود با سرعت ۴۰۰ discharge/S ایجاد می‌شود. در مرحله اول[۹] حدود ۲۰ ثانیه ولتاژ ۸ KV و در مرحله بعد حدود ۵ ثانیه ولتاژ ۵۰۰ V با فرکانس ۴۰۰ Hz اعمال می‌شود. به‌منظور جلوگیری از گرم شدن بیش از حد استند، سیستم آبگرد برای آن تعبیه شده‌است. در این مرحله، فوتون‌های ناشی از تهییج اتم‌های سطح نمونه از عدسی که در اتمسفر گاز آرگون با دبی ۳/۵ lit/min قرار دارد عبور کرده و متمرکز می‌شوند. فوتون‌های متمرکز شده با عبور از دریچه اولیه که دهانه آن ۲۰ µm است، وارد محفظه خلاء طیف‌سنج می‌شوند [۵].

گریتینگ

دسته فوتون‌های ورودی به محفظه خلاء برای جدا شدن و تفکیک از یکدیگر به گریتینگ برخورد می‌کنند. گریتینگ یک وسیله نوری بسیار ساده است که براساس اصل تداخل سازنده کار می‌کند. گریتینگ‌ها به دلیل سهولت ساخت و خواص پراکنده کننده‌شان به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند [۶]. ساده‌ترین شکل آن از یک سطح نوری تشکیل شده که روی آن تعداد زیادی شیارهای مساوی با فاصله ایجاد شده‌است. فاصله خطوط باید کوچک و بسیار دقیق باشد [۷]. یک پرتو چند رنگ که بر گریتینگ تابیده می‌شود با توجه به محتوای طیفی آن از هم جدا می‌شود [۶]. جهت این پرتوها به فاصله شیارها و طول موج نور بستگی دارد [۸ و ۹].

اصول گریتینگ توسط جیمز گریگوری، در حدود یک سال پس از آزمایش منشور نیوتون کشف شد [۱۰]. اولین گریتینگ ساخته دست بشر در حدود سال ۱۷۸۵ توسط مخترع فیلادلفیایی به نام دیوید ریتنهاوس ساخته شد [۱۱]. در پایان قرن نوزدهم، گریتینگ‌های مقعر توسط هنری آگوستوس رولند به تولید رسید [۱۲].

گریتینگ‌ها ممکن است از نوع انعکاسی مانند آینه و یا عبوری مانند لنز باشند. نوع عبوری کاربرد گسترده‌ای در طیف‌سنجی نوری ندارند. گریتینگ‌های انعکاسی به گریتینگ صفحه‌ای و مقعر تقسیم می‌شوند. مزیت گریتینگ مقعر نسبت به گریتینگ صفحه‌ای، توانایی تولید خطوط طیفی تمیز (کاملا تفکیک شده) بدون کمک لنزها یا آینه‌های اضافی است. این ویژگی باعث می‌شود پرتوهای نوری در مناطق مادون قرمز و ماوراءبنفش با عبور از لنز جذب نشوند و آنالیز با دقت بیشتری انجام شود. اصول فیزیکی گریتینگ‌های انعکاسی در شکل (۴) نشان داده شده‌است [۷].



شکل (۴): اصول فیزیکی گریتینگ انعکاسی [۷].

یک گریتینگ ایده‌آل از مجموعه شیارها با فاصله b تشکیل شده‌است که باید از طول موج مورد نظر پهن‌تر باشد تا باعث پراش شود. یک موج صفحه‌ای از نور تک رنگ با طول موج λ را در نظر بگیرید. هر شیار در گریتینگ به‌عنوان یک منبع برای پخش کردن نور عمل می‌کند. پس از برهم‌کنش نور با گریتینگ، نور پراش یافته از مجموع امواج متداخل که از هر شیار در گریتینگ سرچشمه می‌گیرد، تشکیل می‌شود. در یک نقطه معین در فضا که ممکن است نور پراش یافته از آن عبور کند، فاصله تا هر شیار در گریتینگ متفاوت است که منجر به متفاوت بودن فاز امواج می‌شود. در نتیجه، امواج یا یکدیگر را تقویت و یا تضعیف می‌کنند که به ترتیب باعث تولید پیک و دره می‌شود. وقتی اختلاف مسیر بین نور از شیارهای مجاور برابر با نیمی از طول موج λ/۲ باشد، امواج غیرهم‌فاز هستند و یکدیگر را تضعیف می‌کنند. به همین ترتیب، وقتی اختلاف مسیر λ است، فازها با هم جمع می‌شوند و پیک اتفاق می‌افتد. برای یک پرتو که به‌طور معمول روی گریتینگ قرار می‌گیرد، مقدار بیشینه در زاویه θ_m رخ می‌دهد، که از رابطه زیر پیروی می‌کند [۶ و ۷]:

$$\frac{b \sin\theta_m}{\lambda} = |m| \qquad (۱)$$

که در آن: θ_m زاویه بین پرتو پراش یافته و بردار نرمال گریتینگ، b فاصله مرکز یک شیار تا مرکز شیار مجاور و m یک عدد صحیح است که حالت انتشار را نشان می‌دهد. می‌توان نشان داد که اگر یک موج صفحه‌ای در هر زاویه دلخواه θ_i تابیده شود، معادله گریتینگ (رابطه (۱)) به رابطه (۲) تبدیل می‌شود [۷]:

$$b(\sin\theta_i - \sin\theta_m) = m\lambda \qquad (۲)$$

در مورد این معادلات فرض شده‌است هر دو طرف گریتینگ با یک محیط (به‌عنوان مثال، هوا) در تماس است.

قدرت تفکیک (R) یک ابزار نوری نشان‌دهنده توانایی جدا کردن خطوط با فاصله نزدیک در یک طیف است که برابر با حاصل تقسیم طول موج (λ) بر کوچکترین اختلاف (Δλ) که در دو طول موج قابل تشخیص است. به‌عنوان مثال، برای یک گریتینگ با عرض ۱۰ سانتی‌متر و ۱۰۰۰۰ شیار در سانتی‌متر، قدرت تفکیک ۱۰۰۰۰۰ است [۷].

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} \qquad (۳)$$

در ابتدا، گریتینگ‌های با وضوح بالا توسط موتورهای دقیق با کیفیت بالا ایجاد می‌شدند که ساخت آنها کاری سخت و زمان‌بر بود. هنری جوزف گریسون برای ساخت گریتینگ، ماشینی را طراحی کرد و در سال ۱۸۹۹ موفق به تولید گریتینگ با ۱۲۰ هزار خط در اینچ شد [۱۳]. روش دیگر برای تولید گریتینگ، استفاده از یک ژل حساس به نور است که بین دو لایه قرار می‌گیرد. این گریتینگ‌ها که گریتینگ هولوگرافی فاز حجمی[۱۰] نامیده می‌شوند، هیچ شیار فیزیکی ندارند؛ اما در عوض دارای یک مدولاسیون تناوبی از ضریب شکست داخل ژل هستند. با این کار بسیاری از اثرات پراکندگی سطح که به‌طور معمول در انواع دیگر گریتینگ‌ها دیده می‌شود، از بین می‌رود [۱۴].

از گریتینگ در تصویربرداری نوری در طول موج‌های خاص از نمونه‌های زیستی یا پزشکی استفاده می‌شود. می‌توان یک گریتینگ انعکاسی را برای تجزیه و تحلیل خاص طول موج ساطع شده از مولکول‌های سلول‌های بیمار در نمونه استفاده کرد. در فناوری‌های فیبر نوری، الیاف برای عملکرد مطلوب در طول موج‌های خاص طراحی می‌شوند. طیف وسیعی از گریتینگ‌های انعکاسی برای انتخاب طول موج برای چنین کاربردی در دسترس است [۱۵].

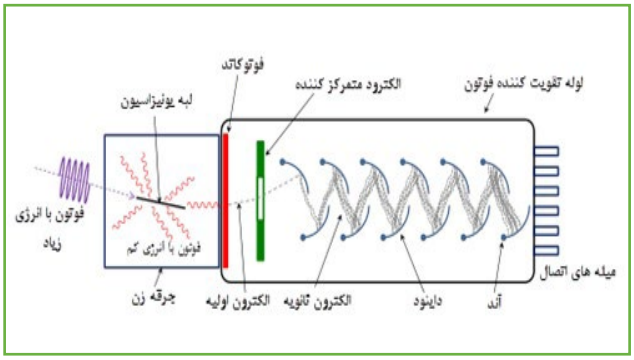
آشکارساز

لوله‌های تشدید کننده نوری[۱۱]، از خانواده لوله‌های در خلاء، آشکارسازهای فوق‌العاده حساس به نور در طول موج‌های ماوراءبنفش، مرئی و نزدیک به مادون قرمز هستند. این آشکارسازها جریان تولید شده با برخورد نور را در چندین مرحله تا ۱۰۰ میلیون برابر (۱۶۰ db) تشدید می‌کنند. به این ترتیب می‌توان حتی فوتون‌های اولیه که شار نوری کمی دارند، آشکار کرد. شکل (۵) یک PMT را نشان می‌دهد. PMT ها برای کاربردهای حساس که نیاز به تشخیص نویز کم وجود دارد، بسیار مناسب هستند [۱۶].

شکل (۵): لوله تشدید کننده نوری (PMT) [۱۶].

ساختار PMTها

PMها به‌طور معمول حاوی فوتوکاتد، چندین دینود و آند هستند که در محفظه شیشه‌ای خلاء شده (با استفاده از آب‌بند بسیار محکم شیشه به فلز) قرار دارند. فوتون‌ها به ماده فوتوکاتد که در داخل پنجره ورودی دستگاه قرار دارد، برخورد کرده تا الکترون‌ها را تحریک کنند. فوتوکاتد یک لایه رسانای نازک قرار داده شده به روش رسوب فاز بخار[۱۲] است. در نتیجه اثر فوتوالکتریک، الکترون‌ها از سطح فوتوکاتد خارج می‌شوند. این الکترون‌ها با الکترود متمرکز کننده به سمت تشدید کننده الکترون هدایت می‌شوند؛ جایی که الکترون‌ها با روند انتشار ثانویه تکثیر می‌شوند. تکثیرکننده الکترون از تعدادی الکترود به نام دینود تشکیل شده‌است. هر یک از دینودها با ولتاژ در حدود ۱۰۰ ولت نسبت به دینود قبلی در یک پتانسیل مثبت نگه داشته می‌شود. یک الکترون اولیه با انرژی فوتون ورودی حدود ۳ الکترون‌ولت، منهای تابع کار فوتوکاتد، فوتوکاتد را ترک می‌کند (شکل (۶)) [۱۶]. با ورود گروهی از فوتون‌های اولیه، گروه کوچکی از الکترون‌های اولیه ایجاد می‌شوند. الکترون‌های اولیه توسط میدان الکتریکی به سمت دینود اول حرکت می‌کنند. آنها هرکدام با انرژی جنبشی ۱۰۰ ev وارد هر دینود می‌شوند که این انرژی با استفاده از اعمال اختلاف پتانسیل فراهم می‌شود. با برخورد به دینود اول، الکترون‌های کم انرژی بیشتری ساطع می‌شوند و این الکترون‌ها نیز به سمت دینود دوم شتاب می‌گیرند. هندسه زنجیره دینود به‌گونه‌ای است که با تولید تعداد زیادی الکترون در هر مرحله، آبشاری از الکترون‌ها ایجاد می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر در هر مرحله به طور متوسط ۵ الکترون جدید برای هر الکترون ورودی تولید شود و ۱۲ مرحله دینود وجود داشته باشد، در آخرین مرحله انتظار می‌رود که برای هر الکترون اولیه حدود ۱۰۸ الکترون ایجاد شود. آبشار الکترون‌ها در نهایت به آند برخورد می‌کنند. تعداد زیاد الکترون که به آند می‌رسد، منجر به یک پالس جریان تیز[۱۳] می‌شود که به راحتی قابل تشخیص است [۱۷].



شکل (۶): نمایی از یک فوتو مولتی‌پلایر تیوب (PMT) به همراه یک دستگاه جرقه‌زنی. این ترتیب برای تشخیص اشعه گاما است [۱۷].

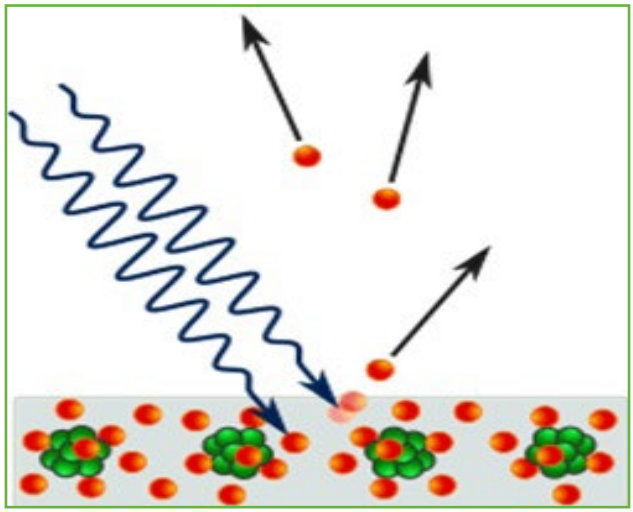
به‌طور خلاصه می‌توان گفت، فوتون‌های ورودی به یک PMT مراحل زیر را طی می‌کنند:

۱. فوتون‌ها از طریق پنجره ورودی وارد لوله می‌شوند؛
۲. فوتون‌ها، الکترون‌های روی دینودها را تحریک می‌کنند و باعث ساطع شدن فوتوالکترون می‌شوند؛
۳. انتشار ثانویه روی هر دینود چندین بار تکرار می‌شود؛
۴. الکترون‌های ثانویه از آخرین دینود روی آند تجمع می‌کنند؛
۵. یک جریان تیز با آشکارسازهای الکترونیکی، آشکار می‌شود [۱۸].

PMT با دو پدیده علمی مستقل به نام اثر فوتوالکتریک و انتشار ثانویه کار می‌کند. در ادامه در مورد این دو پدیده بحث خواهد شد.

اثر فوتوالکتریک

هنگامی که یک فوتون به فوتوکاتد برخورد می‌کند، الکترون‌های داخل ماده می‌توانند مقداری از انرژی فوتون‌ها را به دست آورند و تحریک شوند و به‌عنوان یک الکترون تحریک شده درون ماده نفوذ می‌کنند. ممکن است این الکترون‌ها به سطح ماده برسند. الکترون‌هایی که انرژی‌شان از تابع کار ماده بیشتر است، در خلاء رها می‌شوند. الکترون‌هایی که به این روش ساطع می‌شوند، فوتوالکترون نامیده می‌شوند. شکل (۷) انتشار الکترون از یک صفحه فلزی را نشان می‌دهد. انتشار الکترون‌های رسانشی از فلزات به یک مقدار الکترون ولت (eV) کوانتای نوری (نور مرئی با طول موج کوتاه یا اشعه ماوراءبنفش) نیاز دارد [۱۹ و ۲۰].



شکل (۷): انتشار الکترون از یک صفحه فلزی ناشی از کوانتای نوری - فوتون‌ها [۲۱].

از نظر تاریخی، اثر فوتوالکتریک با آلبرت اینشتین در ارتباط است که با تکیه بر این پدیده اصول مکانیک کوانتوم را در سال ۱۹۰۵ بوجود آورد؛ دستاوردی که در سال ۱۹۲۱

منجر به کسب جایزه نوبل برای وی شد [۱۹]. در تئوری الکترومغناطیسی کلاسیک، اثر فوتوالکتریک به انتقال انرژی از امواج نوری پیوسته به یک الکترون نسبت داده می‌شود. در این تئوری، تغییر در شدت نور باعث تغییر انرژی جنبشی الکترون‌های ساطع شده می‌شود و نور با شدت کم باعث تاخیر در انتشار می‌شود؛ در نتیجه نیاز است تا الکترون‌ها انرژی کافی برای ترک مواد را جمع کنند. نتایج تجربی، با این نظریه مغایرت دارد. این نتایج نشان می‌دهند که الکترون‌ها تنها در مواقعی که نور از فرکانس آستانه‌ای فراتر رود، جابجا می‌شوند. کمتر از این مقدار، بدون توجه به شدت نور یا مدت زمان قرار گرفتن در معرض نور، هیچ الکترونی از ماده ساطع نمی‌شود. از آنجا که پرتوی با فرکانس پایین نمی‌تواند انرژی مورد نیاز برای تولید فوتوالکترون‌ها را مانند انرژی نور از یک موج مداوم ایجاد کند، اینشتین پیشنهاد کرد که پرتو نور، موجی نیست که در فضا پخش می‌شود، بلکه مجموعه‌ای از امواج گسسته – فوتون‌ها است [۲۰ و ۲۱].

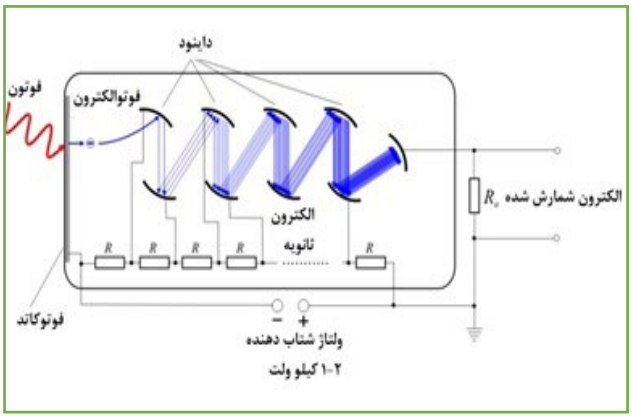
انتشار ثانویه

استفاده از انتشار ثانویه برای تقویت سیگنال‌ها پس از جنگ جهانی اول توسط جوزف اسلپیان در سال ۱۹۱۹ پیشنهاد شد. تقویت جریان نوری در دستگاه‌های تشدید کننده نوری از طریق انتشار ثانویه انجام می‌شود [۲۲].

انتشار ثانویه در فیزیک پدیده‌ای است که طی آن، ذرات اولیه با انرژی کافی هنگامی که به یک سطح برخورد یا از آن عبور می‌کنند باعث انتشار الکترون می‌شوند که به آن الکترون ثانویه گفته می‌شود. در این حالت، تعداد الکترون‌های ثانویه ساطع شده در هر ذره اتفاقی را بازدهی انتشار ثانویه می‌نامند. از انتشار الکترون ثانویه در لوله‌های تشدید کننده نوری و لوله‌های تقویت کننده تصویر استفاده می‌شود تا تعداد کمی فوتوالکترون تولید شده توسط انتشار عکس را تقویت کرده و باعث حساسیت بیشتر لوله شود [۲۲]. برای استفاده از انتشار ثانویه به‌عنوان یک سازوکار تشدید کننده برای فوتوالکترون‌ها، الکترون‌های اولیه نیاز به شتاب گرفتن دارند. نیروی محرکه شتاب توسط یک میدان الکتریکی بین دو دینود تولید می‌شود. میدان الکتریکی و متعاقب آن، مسیرهای الکترونی به شکل دینود بستگی دارد. شکل (۸) سازوکار انتشار ثانویه در PMT را نشان می‌دهد [۲۳].

برای بهینه‌سازی انتشار ثانویه، الکترود ساخته شده از فولاد زنگ نزن، مس-بریلیم یا نیکل، توسط ماده‌ای که ساطع کننده ثانویه نامیده می‌شود، پوشش داده می‌شود. این مواد شامل آنتیمونید فلزات قلیایی، اکسید بریلیم، اکسید منیزیم، فسفید گالیوم و فسفید آرسنید-گالیوم است [۱۸].

از PMTها همراه با دستگاه‌های جرقه‌زنی برای تشخیص تشعشع یونیزاسیون در آزمایش‌های فیزیک، در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی برای اندازه‌گیری شدت و طیف مواد ساطع کننده نور مانند نیمه‌هادی‌های مرکب، در دستگاه‌های آنالیز خون مورد استفاده در آزمایشگاه‌های پزشکی و همچنین در دوربین گاما نیز استفاده می‌شود [۱۸].



شکل (۸): انتشار ثانویه مورد استفاده در یک لوله نوری: الکترون‌های اولیه ساطع شده، هنگامی که نور با فوتوکاتد (اولین دینود) برخورد می‌کند، ساخته می‌شوند و این الکترون‌ها، الکترون‌های بیشتری را هنگامی که به دینود دوم برخورد می‌کنند، ایجاد می‌کنند. هر الکترون برخوردی، الکترون‌های ثانویه متعددی را تولید می‌کند [۲۳].

قطر آشکارسازهای بعضی از دستگاه‌ها ۲۸ mm است که دارای پوششی از جنس کوارتز هستند. به‌منظور جلوگیری از تخلیه هاله‌ای[۱۴] و سرویس راحت‌تر، بیرون محفظه خلاء قرار گرفته‌اند.

پرتوهای متفرق شده قبل از ورود به PMTها، از دریچه‌های ثانویه‌ای که برای هر PMT تعبیه شده‌است، عبور می‌کنند. تعداد و اندازه این دریچه‌ها عبارتست از: ۱ عدد ۲۰ µm، ۱۸ عدد ۲۵ µm، ۸ عدد ۳۷ µm و ۷ عدد ۵۰ µm [۵].

نتیجه‌گیری

کوانتومتر دستگاهی برای آنالیز نمونه‌های جامد فلزی است که از فناوری طیف نشر نوری استفاده می‌کند. این دستگاه به‌صورت تک پایه و چند پایه قابل طراحی است. این دستگاه می‌تواند آنالیز نمونه را در کمتر از ۴۰ ثانیه با دقت بالا انجام دهد. صحت نتایج این دستگاه به کالیبراسیون صحیح آن بستگی دارد. در بعضی از مدل‌های دستگاه از آشکارسازهای PMT برای آنالیز فلزات استفاده می‌کند که مناسب آنالیز عناصر با درصد جرمی بسیار کم است. آنالیز عنصر پایه از تفریق حاصل جمع ناخالصی‌ها از صد بدست می‌آید. این دستگاه مشابه با سایر تجهیزات مجهز به OES، از سه بخش اصلی تشکیل شده‌است که عبارتست از: منبع تغذیه برای تهییج، جداکننده پرتوها و آشکارساز.

پی‌نوشت

۱. کارشناسی ارشد مهندسی مواد، کارشناس آزمایشگاه شمش آلومینیوم شرکت آلومینای ایران

2. Optical Emission Spectroscopy (OES)
3. Induced Couple Plasma (ICP)
4. Direct Current Plasma (DCP)
5. Microwave Plasma (MP)
6. Laser Induced Plasma (LIP)
7. Thermo Fisher
8. Charge-Coupled Detector
9. Pre-Integration
10. Volume Phase Holographic Grating (VPH)
11. Photomultiplier Tube (PMT)
12. vapor-deposited
13. spike
14. Corona-discharge

مراجع

[1] Langheinrich, A. P., Blair Roberts, D., (1971). Modern Methods of Geochemical Analysis; chapter 7. Plenum Press, New York.

[2] Kirchhoff, G., Bunsen, R., (1860). Chemical Analysis by Means of Spectral Observations. Annual. Physic Chem. 110, 161.

[3] Richtmyer, F. K., Kennard, E. H., Lauritsen, T., (1955). Introduction to Modern Physics. McGraw-Hill, New York.

[4] Harrison, G. R., (1939). Wavelength Tables. John Wiley & Sons, New York.

[5] ARL3460 Manual

[6] Magnusson, R., (2017). Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition).

[7] Burgess, C., (2005). Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition).

[8] Srinivasarao, M., (1962). Nano-Optics in the Biological World: Beetles, Butterflies, Birds, and Moths. Chemical Reviews, 99 (7): 1935–1962.

[9] Kinoshita, S., Yoshioka, S., Miyazaki, J., (2008). Physics of structural colors. Reports on Progress in Physics. 71 (7).

[10] Gregory, J., Jordan, S., (1841). Correspondence of Scientific Men of the Seventeenth Century. Oxford University Press. pp 251–255.

[11] Hopkinson, F., Rittenhouse, D., (1786). An optical problem, proposed by Mr. Hopkinson, and solved by Mr. Rittenhouse. Transactions of the American Philosophical Society, (2) 201–206.

[12] Klaus, H., (1890). The Discovery of the Redshift of Solar Fraunhofer Lines by Rowland and Jewell in Baltimore around. Historical Studies in the Physical and Biological Sciences. 23 (2): 219–277.

[13] Richard, F., (1985). The Strange Theory of Light and Matter. Princeton University Press. ISBN 978-0691083889.

[14] Zhida, X., Kevin, H., Ibrahim, K., (2014). Liquid refractive index sensing independent of opacity using an optofluidic diffraction sensor. Optics Letters. 39 (20): 6082–6085.

[15] George, S., (2000). the Command of Light: Rowland's School of Physics and the Spectrum. Philadelphia. American Philosophical Society, ISBN 978-08716-923-82.

[16] Photonics, H., (2004). Photomultiplier Tubes Basics and Applications.

[17] Hamamatsu, H., (2006). Photomultiplier Tubes. Construction and Operating Characteristics. Connections to External Circuits, 39 (29).

[18] Polyakov, S. V., (2013). Experimental Methods in the Physical Sciences, Chapter 3- Photomultiplier Tubes. 45: 69-82.

[19] Hertz, H., (1887). About the influence of ultraviolet light on the electrical discharge. Annals of Physics. 267 (8): 983–1000.

[20] Julius, E., Hans, G., (1889). About the discharge of negative electrical bodies by sunlight and daylight. Annals of Physics, 274 (12): 497.

[21] Einstein, A., (1905). About a heuristic point of view concerning the identity and transformation of light. Annals of Physics, 322 (6): 132–148.

[22] Bruining, H., (1954). Physics and applications of secondary electron emission. McGraw-Hill Book Co., Inc.

[23] Kollath, R., (1956). Secondary electron emission of solids irradiated by electrons, Encyclopedia of Physics, Vol. 21, p. 232 – 303.

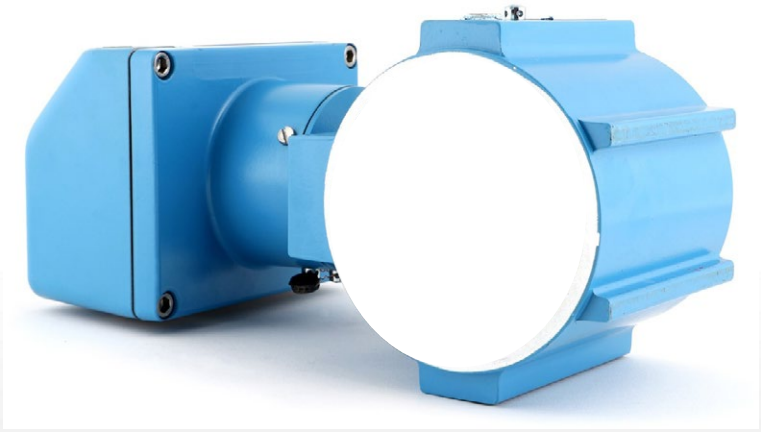
Volume 8 ■ Issue 3 ■ Fall 2020 ■ No.31
Iranian Journal of laboratory Knowledge

Author

Reza Bagheri[1*]
Morteza Asadollah Zadeh Tansoan[2]

*re.ba14220@gmail.com

1. Master of Materials Engineering, Aluminum Laboratory Expert, Iran Alumina Company



Introduce Optical emission spectroscopy methode focuses on Quantometer device

Abstract

Optical emission spectroscopy is one of the old methods of studying materials that is used for quantitative and qualitative analysis of metals, alloys, rocks, minerals, etc. In this method, the detection limit in picograms is achievable for many elements. The basis of the operation of this method is based on electron excitation, change in electron energy level and emission of photoelectrons. The amount of energy of the emitted photoelectrons is the identity of the material. The quantometer is one of the devices that uses this technology. This device includes the excitation source, the photoelectron separator section and the detector section. The separator uses grating technology and the detector uses photo multiplier tube technology.

Keywords

Optical emission spectroscopy, quantometer, grating, photo multiplier tube

Iran Nanotechnology Laboratory Network

Iranian Journal of laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

Volume 8 ▪ Issue 3 ▪ Fall 2020 ▪ No.31

Sample Preparation Techniques for Gas Chromatography

Large scale laboratory direct shear test of rock

Introduce Optical emission spectroscopy methode focuses on Quantometer device

Applications of In-situ Environmental Transmission Electron Microscopy equipped with a gas-controlled environment in various fields

Review on Liquid sample introduction in ICP_OES, MS by pneumatic nebulizers

The position and importance of inter laboratory comparisons in laboratory activities

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir