

اجزای یک طیف نورسنج

همه نورسنج‌ها، رنگ‌سنج‌ها و طیف‌نورسنج‌ها از اجزای (۱) منبع تابش، (۲) صافی یا تکفام‌ساز، (۳) جایگاه نمونه و (۴) آشکارساز، تشکیل شده‌اند.

منابع تابش

چندین منبع تابش برای استفاده در ناحیه فرابنفش - مرئی موجود است. منبع مورد استفاده در ناحیه مرئی و زیرقرمز نزدیک، اغلب لامپ‌های تابان^۱ با رشته تنگستن هستند. این لامپ‌ها منابع گرمایی یا جسم‌سیاه^۲ هستند که در آن‌ها در اثر گرمای زیاد رشته ماده جامد، تابش اتفاق می‌افتد و نوع تابش، به ماهیت شیمیایی رشته بستگی چندانی ندارد. این منابع تابش پیوسته‌ای در محدوده $300 - 320 \text{ nm}$ تولید می‌کنند که متأسفانه، قسمت عمده آن در ناحیه زیرقرمز نزدیک است. در دمای عملیاتی معمول لامپ (3000 K)، 15% انرژی و در 2000 K فقط 1% انرژی تابش نشر شده از لامپ، در ناحیه مرئی قرار دارد. با افزایش دمای لامپ تا بیش از 3000 K ، انرژی تابش کل به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد و طول‌موج بیشینه به طرف طول‌موج‌های کوتاه‌تر جابه‌جا می‌شود، ولی در این شرایط طول‌عمر لامپ به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد.

برای ایجاد تابش در ناحیه فرابنفش دمای بسیار بیشتری مورد نیاز است. با قراردادن بخار ید (I_2) یا برم (Br_2)، با فشار کم در داخل لامپ‌های رشته تنگستنی که رشته آن با لایه نازکی از سیلیس (کوارتز) پوشش داده شده است، طول عمر لامپ به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. این لامپ‌ها که لامپ‌های کوارتز - هالوژن نامیده می‌شوند، در حال حاضر بسیار مقبول و مفید هستند. اغلب کارها در ناحیه فرابنفش با لامپ‌های تخلیه الکتریکی هیدروژن (H_2) یا دوتریم (D_2) که تحت فشار کم (حدود 5 میلی‌متر جیوه) و تحت جریان الکتریکی (حدود 40 ولت) عمل می‌کنند، انجام می‌شود. این لامپ‌ها تابشی با طیف پیوسته، با طول‌موج‌های کوتاه‌تر از 160 nm تولید می‌کنند، ولی جنس پنجره لامپ، عبور در طول‌موج‌های کوتاه (حدود 200 nm با کوارتز و 180 nm با لایه‌ای از پوشش سیلیسی) را محدود می‌کند. در طول‌موج‌های بلندتر از 360 nm خطوط نشری هیدروژن بر این تابش پیوسته منطبق می‌شود، لذا استفاده از منابع سفید برای کار در طول‌موج‌های بلندتر ترجیح دارد. لامپ‌های دوتریم گران‌تر هستند، ولی نسبت به لامپ‌های بخار هیدروژن، با ساختار و توان (وات) یکسان، شدت طیفی و طول‌عمر آن‌ها دو تا پنج برابر است.

استفاده از لامپ‌های فلشی زنون، به عنوان یک منبع پیوسته در سال‌های اخیر در طیف‌نورسنج‌ها رایج شده است. نوارهای موجود در تابش پیوسته‌ای که توسط منابع فوق‌الذکر تولید می‌شود، باید توسط تکفام‌ساز از یکدیگر جدا و تکفام شوند.

¹. Incandescent lamps

². Blackbody

تکفام‌سازها

هم صافی‌ها و هم تکفام‌سازها نور چندرنگ (پلی کروماتیک) را تک‌رنگ می‌کنند. در رنگ‌سنج‌ها از صافی و در طیف نورسنج‌ها از منشور یا شبکه‌ها استفاده می‌شود.

جایگاه نمونه

در ناحیه مرئی از سلول‌های شیشه‌ای و پلاستیکی با کیفیت مرغوب و یا از کوارتز، به عنوان جایگاه نمونه استفاده می‌شود. چون شیشه و پلاستیک تابش فرابنفش را جذب می‌کنند، از این جنس مواد برای ساخت سلول استفاده نمی‌شود، بلکه در این ناحیه فقط باید از سلول‌های ساخته شده از کوارتز (SiO_2) استفاده کرد. در دستگاه‌های دوپرتوی که در آن‌ها همزمان از محلول نمونه و محلول شاهد استفاده می‌شود، از دو سلول کوارتز منطبق‌شده^۳ با هم استفاده می‌شود. این دو سلول، توسط شرکت تولید کننده از نظر تشابه جنس و ابعاد بسیار دقیق کنترل شده‌اند، به‌طوری که کوچکترین تفاوتی با یکدیگر نداشته باشند.

آشکارسازها

در رنگ‌سنجی چشمی که به صورت کیت‌های مختلف نیز استفاده می‌شود، از چشم به عنوان آشکارساز استفاده می‌شود. در دستگاه‌های رنگ‌سنج از فوتوسل‌ها و در طیف‌نورسنج‌ها از فوتولوله‌ها و لوله‌های فوتوتکثیرکننده به عنوان آشکارساز استفاده می‌شود. سه نوع آشکارساز رایج در طیف‌نورسنج‌ها در شکل (۱)، نشان داده شده است.

در آشکارساز سد-لایه یا فوتوولتایی^۴ (شکل ۱ الف)، شدت فوتون‌ها توسط ولتاژی که در لایه‌ی نیمه‌رسانا ایجاد می‌شود، اندازه‌گیری می‌شود. فوتون‌های تابش ورودی به آشکارساز، باعث کندن الکترون‌ها از نیمه‌رسانا شده و این الکترون‌ها در لایه‌ای از نقره جمع می‌شوند و در نتیجه، پتانسیل الکتریکی ایجاد می‌شود. پتانسیل ایجاد شده به تعداد فوتون‌های برخورد کرده به آشکارساز بستگی دارد.

در آشکارساز فوتولوله^۵ خلاء (شکل ۱ ب) که یک آشکارساز فوتونی است، یک فوتوکاتد پوشیده شده از فلز سزیم وجود دارد. فوتون‌های پراورزی ورودی به آشکارساز، به سطح کاتد برخورد کرده و انرژی خود را به سطح داده و باعث کندن الکترون‌ها از آن می‌شود. الکترون‌های رهاشده از سطح فلز، در آند جمع شده و جریان الکتریکی در مدار ایجاد می‌شود. این شدت جریان الکتریکی با شدت فوتون‌های رسیده به آشکارساز متناسب است و لذا برای اندازه‌گیری شدت فوتون‌های تابش، استفاده می‌شود. به منظور افزایش حساسیت آشکارساز، جریان الکتریکی ایجاد شده در فوتولوله خلاء نیاز به تقویت کننده خارجی دارد.

سومین آشکارساز متداول در طیف‌نورسنجی فرابنفش - مرئی، لوله‌ی فوتوتکثیرکننده (PMT)^۶ خلاء است، که در شکل (۱ ج) نشان داده شده است. این آشکارساز، شامل یک کاتد حساس به فوتون است، که بعد از برخورد فوتون‌های تابش ورودی به آن، از آن الکترون نشر می‌شود. این کاتد با یک سری دینودهای تکثیرکننده الکترون جفت

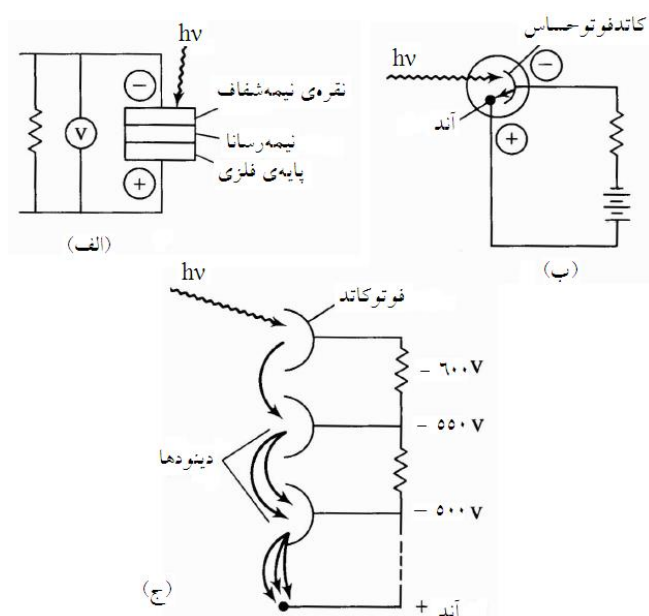
^۳. Matched quartz cuvettes

^۴. Barrier-layer or photovoltaic cell

^۵. PT: Phototube

^۶. PMT: Photomultiplier tube

شده است و به همین دلیل، فوتوتکتیرکننده نامیده می‌شود. الکترون‌های خارج شده از این فوتوکاتد توسط یک میدان الکتریکی شتاب گرفته و به ناحیه کوچکی از اولین دینود برخورد می‌کنند. الکترون‌های برخورد کننده که انرژی کافی دارند، به نوبه خود می‌توانند دو تا پنج الکترون دیگر (الکترون‌های ثانویه) را از اولین دینود خارج کنند. این الکترون‌ها نیز در اثر اختلاف پتانسیل بین دینود اول و دوم، شتاب بیشتری گرفته و در نتیجه برخورد به دینود دوم، الکترون‌های بیشتری را خارج می‌کنند. این اثر آبشارمانند و متوالی تا زمانی ادامه می‌یابد که الکترون‌ها در آند جمع شوند. یک لوله فوتوتکتیرکننده نمونه‌ای، ممکن است ۹ الی ۱۶ مرحله داشته باشد، که در این صورت به ازای هر فوتون اولیه ورودی به آشکارساز، 10^6 الی 10^9 الکترون نشر می‌شود. بنابراین، بسیار واضح است که حساسیت این آشکارساز به علت تقویت درونی زیادی که دارد، نسبت به سایر آشکارسازهای فوق‌الذکر بیشتر است.



شکل ۱. طرحی از سه نوع آشکارساز متداول در ناحیه فرابنفش - مرئی، (الف) سلول سد - لایه یا فوتوولتایی، (ب) فوتولوله خلاء و (ج) فوتوتکتیرکننده خلاء.