

# المرحلة الرابعة

## التحليل الآلي

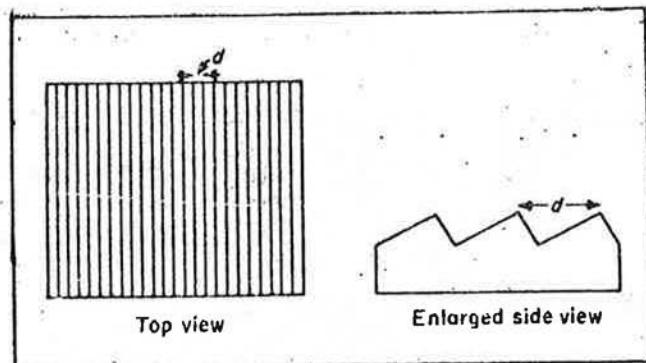
مكونات اجهزة القياس الطيفي



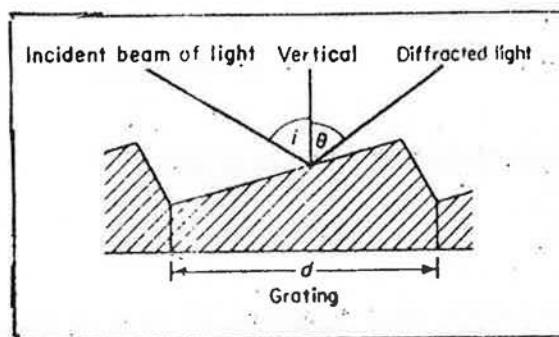
الاشعاع الساقط من أحد سطوح الأخدود ويسمى هذا المحرز بالمحرز الانعكاسي وهو أكثر شيوعاً من السابق ويصنع بتحزير سطح معدن لامع أو بواسطة تبخير فلم رقيق من الألミニوم على سطح صورة طبق الأصل لمحرز.

يتشتت الأشعاع الساقط على أي من الأخدود في المحرز وينتشر بزوايا واتجاهات مختلفة (الشكل 8-4 ب) يعبر عنها بالمعادلة النهائية الآتية:

$$n\lambda = d (\sin i \pm \sin \theta) \quad \dots (1-4)$$



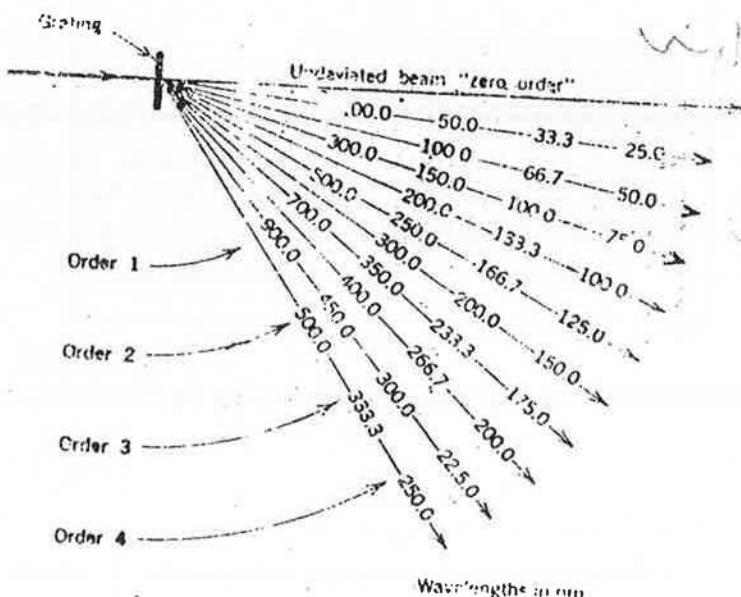
(أ) منظر علوي وجانبي مكبر للمحرز



(ب) تفريق الأشعاع بالمحرز

الشكل (8-4)

حيث ان  $\lambda$  الطول الموجي المتفرق و  $n$  عدد صحيح يمثل رتبة الاشعاع و  $d$  المسافة بين اخدودين متتاليين و  $\theta$  زاوية سقوط الاشعاع مع العمود النازل على المhzr و  $\phi$  الزاوية التي يتفرق بها الاشعاع. وتستخدم الاشارة السالبة في المعادلة المذكورة عندما تكون زاويتا السقوط والتفرق على جانب واحد من العمود النازل على المhzr. تترجح المعادلة اعلاه بأنه توجد قيم متعددة من الاطوال الموجية لزاوية تفريقي معينة ( $\theta$ )، وعليه اذا كانت مرتبة الخط الاول ( $1=n$ ) هي  $900\text{nm}$  فان المرتبة الثانية ( $2=n$ ) هي  $450\text{nm}$  والمرتبة الثالثة ( $3=n$ ) هي  $300\text{nm}$  وهكذا... يعطي الشكل (9-4) توضيحا للرتب المتداخلة في طيف المhzr:



الشكل (9-4) : الرتب المتداخلة في طيف المhzr

تبين المعادلة (1-4) ان زاوية التفريقي تزداد بازدياد عدد الاخدودات في الميلتر الواحد عند طول موجي معين ورتبة معينة وعندما تكون قيمة الزاوية ( $\theta$ ) تساوي صفراء تصبح المعادلة على النحو:

$$n\lambda = d \sin \theta$$

فثلاً مخز التفريقي له 2000 أخدود في السنتر الواحد سيفرق الأشعة الساقطة عمودياً على المخز خلال زاوية تفريقي مقدارها (6) بطول موجية تعطى بالعلاقة:

$$\lambda = \frac{d \sin \theta}{n} = \frac{(5 \times 10^{-4}) (\sin \theta)}{n}$$

$$5 \times 10^{-4} \text{ سم} = \frac{1}{2000}$$

وبذا فإن  $\lambda$  للرتبة الأولى ( $n=1$ ) ستكون مساوية إلى:

$$\lambda = \frac{(5 \times 10^{-4}) (0.1045)}{1} = 522.5 \text{ nm}$$

ولـ  $n=2$  ستكون  $261.2 \text{ nm}$  ولـ  $n=3$  ستكون  $174.2 \text{ nm}$  وهذا يمكن التعبير عن قدرة المخز على الفصل (Resolution) بالمعادلة:

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = nN \quad \dots (2-4)$$

حيث أن  $R$  تمثل قدرة المخز للفصل و  $\lambda$  معدل الطول الموجي للطيفين الموجيين المفصليين و  $\Delta \lambda$  الفرق المطلق بينهما و  $n$  تساوي رتبة الأشعة و  $N$  العدد الكلي للأحاديد التي يحتويها المخز.

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = nN$$

**مثال (١.٤) :**

ماطول المتر الذي يحتوي السنتر منه على 500 اخدود الذي يمكن عن طريقه عزل خطى الصوديوم  $589.5 \text{ nm}$  عن  $589.0 \text{ nm}$  للرتبة الاولى من

الاشعاع:

**الحل :**

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = \frac{589.25}{0.5} = 1178.5$$

$$2.356 = \frac{1178.5}{500}$$

$$1178.5 = nN$$

ويعاد ان الرتبة هي الاولى سيكون عدد الاعداد الكلية متساوية الى  $1178.5$

اخدود.

وبنها يجب ان يكون طول المتر  $\frac{1178.5}{500} = 2.356$  سنتيمتر.

للمترات فوائد تمتاز بها على المواشير كوسائل تشتت من اهمها:

(١) يمكن الحصول على اعلى درجة تفريقي او افضل للاطوال الموجية باختيار قيمة

لـ  $d$ .

(٢) ان التشتت يكون ثابتا تقريبا مع الطول الموجي.

(٣) لا يعتمد التفريقي بواسطة المتر على طبيعة مادة المتر بقدر ما يعتمد على شكله الهندسي، وبنها يفضل على المنشور الذي يعتمد على مادة صنعته الى درجة ما.

(٤) باستخدام المترات العاكسة ليس هناك فقدان في شدة الاشعاع بسبب الامتصاص من قبل المادة البصرية كما هو الحال مع المواشير.

(٥) يمكن ان تكون المترات اقل تأثرا بدرجة الحرارة وبنخار الماء.

#### 5.4) حاويات (خلايا) المذodge Sample Containers

هي الاوعية التي توضع فيها الناذج المعرض للفحص او المذيب (Solvent) او وسط التفاعل (Blank). وتكون على عدة اشكال وحجوم مختلف باختلاف هندسة الجهاز. والغاية من استخدامه يجب صنع هذه الاوعية (الخلايا) من مواد تسمح بنفاذ الاشعة في المنطقة الطيفية المطلوبة للفحص (الجدول 1-4) والشكل (1-4) يبيّن تقاضي هذه المواد، وعليه فان الاوعية المصنوعة من الكوارتز او السليكا المنصهرة ملائمة للعمل في منطقة ماقبض البنفسجية (350nm-200nm) وان الزجاج يمكن استخدامه في المنطقة المرئية ودونها (350-2000nm)، كما تم تصنيع خلايا بلاستيكية للعمل في المنطقة المرئية. غالباً ما تكون شبائك اوعية اجهزة ماتحت الحمراء مصنوعة من بلورات كلوريد الصوديوم او بروميد البوتاسيوم او قلوريدي الكالسيوم.

ان افضل ترتيب للوعاء هو ان تكون حزمة الاشعاع الساقط عمودية تماماً على وجه الخلية لتقليل الخسارة في الاشعة الناتجة عن الانعكاس والانكسار، وبذا تفضل الخلايا التي على شكل متوازي مستويات على الخلايا الاسطوانية. كما ان اختيار العرض الداخلي للخلية (طول مر الاشعاع) يعتمد على حساسية المذodge للأشعاع وعلى دقة فصل الجهاز. ومن اكثر الخلايا الشائعة للدراسة في مناطق ماقبض البنفسجية والمرئية هي الخلايا ذات طول (1سم) اضافة الى توفر خلايا اخرى ذات اطوال تتراوح بين (0.1سم واقصى الى 10.0سم). ويكون للخلايا التي تستخدم لدراسة الحاليل والسوائل في منطقة ماتحت الحمراء طول مر اشعاع اقل من (1ملم) في حين يتراوح بين عدة سنتيمترات وعدة امتار في الخلايا الخصصة لدراسة الماد في الحالة الغازية:

وتعتمد دقة قياسات الامتصاص من بين امور اخرى - على الطريقة التي يتم بها استخدام خلايا الامتصاص والاعتناء بها: يؤدي وجود اثار بصمات الاصابع واثار العينات السابقة والدهون او اية مادة اخرى على جدران الخلية الى تغير في

قىم النفاذية، وعليه يجب تنظيف نوافذ الخلايا قبل وبعد الاستعمال وعدم لسهاثناء حملها، كما لا يجوز تجفيفها بتاتا بالتسخين في فرن او فوق لمن. يمكن تنظيف خلايا الكوارتز والزجاج بتطفها بالماء او ب محلول الصابون، وبجامض التريك الساخن عند الضرورة. اما خلايا ماحت الماء فيجب عدم غسلها بالماء ويجري تنظيفها ببعض المذيبات العضوية الخاصة وبمساحيق صقل كما سيتوضّح ذلك عند مناقشة موضوع ماحت الماء لاحقا.

#### (6.4) المكشافات Detectors

المكشاف هو جزء الجهاز الذي يقيس شدة الاشعاع الساقط عليه بعد نفاذة من وعاء النوذج، وعادة يتم ذلك من خلال امتصاص المكشاف لطاقة الفوتونات الساقطة عليه وتحويلها الى كمية قابلة للتحسّن او القياس مثل تسوييد صفيحة فوتوغرافية او تغيير درجة الحرارة او طاقة كهربائية (تيار كهربائي مثل). ان معظم المكشافات الحديثة يكون مردود (Output) اشارتها الكهربائية في اخر الامر تشغيل مقياس او مسجل. ولكن يكون المكشاف جيداً يجب توفر المتطلبات الآتية فيه:

- (1) ان تتناسب الاشارة الناتجة منه طردياً مع الطاقة الاشعاعية المصطدمه به.
- (2) ان يكون ذا حساسية عالية بغية الكشف عن المستويات الواطئه للقدرة الاشعاعية.
- (3) ان تكون استجابته على مدى واسع من الاطوال الموجية.
- (4) ثباتية عالية و زمن استجابة سريع.
- (5) اشارتها الكهربائية يمكن تضخيمها بسهولة.
- (6) له مستوى ضوضاء (Noise level) واطئ نسبياً (محدث هذه الضوضاء بسبب تيار الظلام او نتيجة التأثيرات الكهربائية المعاورة للمكشاف).

يبين الجدول (2.4) الميزات الادائية للمكشافات الشائعة في مناطق مأ فوق البنفسجية والمرئية وما تحت افراط.

الجدول (2.4) : الميزات الادائية للمكشافات الشائعة.

المكشاف	عنصر التحسس	الحساسية	زمن الاستجابة في التطبيق $1 \mu\text{sec} = 10^{-6} \text{ sec}$ $1 \text{ msec} = 10^{-3} \text{ sec}$	مدى الطول الموجي الموصى به	طبيعة المردود
صفحة تصويبية	حيات هاليد الفضفه في مستحلب	عالية تعتمد على الطول الموجي	بطيء	$0.2-1.2 \mu\text{m}$	كتافة راسب فلز الفضة
ابنوة ضوئية	اوكسيد عنصر	عالية، تعتمد على الطول الموجي	سريع $< 1 \mu\text{sec}$	$0.2-1 \mu\text{m}$	تيار كهربائي
انبوبة مضاعفة الضوء	اوكسيد عنصر قلوي، فلزات	عالية جدا تعتمد على الطول الموجي	سريع $< 1 \mu\text{sec}$	$0.16-0.7 \mu\text{m}$	تيار كهربائي
خلية فولطائية ضوئية	شبہ موصل بين ارین	متروسة، تعتمد على الطول الموجي	سريع $< 1 \mu\text{sec}$	$0.4-0.8 \mu\text{m}$	تيار كهربائي
خلية موصلة ضوئية	كبريتيد الرصاص او سلينيد الرصاص	عالية جدا، تعتمد على الطول الموجي	معتدل $100 \text{ to } 1000 \mu\text{sec}$	$0.7-4.5 \mu\text{m}$	تغير مقاومة
مزدوج حراري	التناء فلزين مختلفين من بوطن بورقة فلزية مسودة	عالية	$50 \text{ to } 100 \text{ msec}$	$0.8-15.0 \mu\text{m}$	فرق جهد كهربائي عند التقاء فلزين
خلية كرلاي	حاجز مسود لغزة غاز	عالية	$3 \text{ to } 30 \text{ msec}$	$0.8-1000 \mu\text{m}$	تيار كهربائي

ستقتصر دراستنا على المكشافات التي تكون حسيتها طاقة كهربائية او تغير حراري.

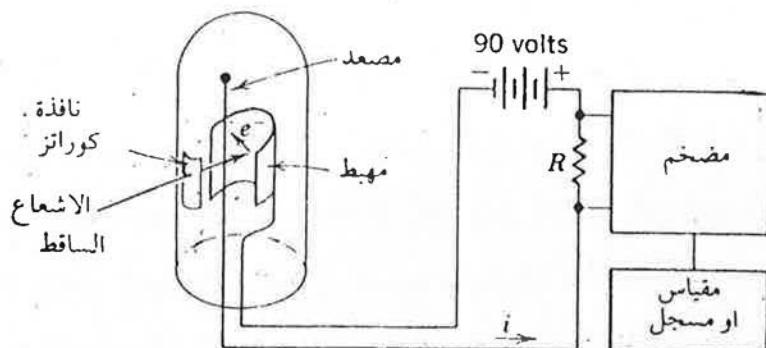
## ١٠٦.٤) مكشافات ما فوق البنفسجية والمرئية

### Ultraviolet and Visible Radiation Detectors

يستند عمل مكشافات اشعاع ما فوق البنفسجية والمرئية وحق قرب ماختت  
الحراه على التأثير المتبادل للاشعاع مع السطح الفعال للمكشاف، اذ ت تلك  
فوتونات هذه الاشعة طاقة كافية لانتاج الالكترونات (Photoejection) عند  
اصطدامها بسطح معاملة بانواع من المواد الحساسة للاشعاع. كما قد يسبب  
امتصاصها ايضا ازاحة الالكترونات ضمن الحزم غير الموصولة الى حزم موصولة في  
بعض اشباه الموصلات. ان كلتا العمليتين تولد طاقة كهربائية تتناسب مع القدرة  
الاشعاعية للفوتونات المتخصصة. وتدعى المكشافات التي تعتمد في عملها على هذا  
الاسلوب بالمكشافات الكهروضوئية (Photoelectric detectors)، وهي عديدة فيما  
يلي وصف موجز لمهم الشائع منها:

#### (١) الانابيب الضوئية Phototubes

يتكون الانبوب الضوئي - كما يوضحه الشكل (١٠.٤) من غلاف زجاجي  
مفرغ (مزود بنافذة من الكوارتز للاستعمال في منطقة ما فوق البنفسجية يحتوي في  
داخله كاثode (مهبط) وانود (مصبعد). والكافود بشكل نصف اسطوانة طولي مطلبي  
سطحها الم incur باده ذات ميل كبير لفقدان الالكترونات (لما دالة شغل واطئة)  
عند تعرضها للطاقة الاشعاعية. اما الانود فعبارة عن سلك فلزي يتركز داخل  
الغلاف يعمل على جمع الالكترونات النابعة من الكاثود بسبب الاشعاع، كما وانه  
يكون عند جهد موجب يمكنه من تسليط جهد يقرب من (٩٠V) عبر القطبين  
بواسطة مجهز قدرة.



الشكل (10.4) : الانبوب الضوئي

يدخل الاشاع� خلال نافذة الانبوب (قد تكون كوارتن) ويصطدم بسطح الكاثود قادر على بعث الالكترونات نتيجة لامتصاص الفوتونات وانتقال طاقتها الى الالكترونات الضعيفة التأثر بطبقة السطح. وتتجمع الالكترونات عند الانود مسببة تيارا يجري في الدائرة. وعموما يكون التيار الناتج قليلا جدا (حوالى  $10^{-11}$  أمبير) مما يتطلب تضخيمه بغية تشغيل مسجل او اية وسيلة لقياسه. ويتم بلوغ ذلك بوضع مقاومة ( $R$ ) في دائرة الانبوب الضوئي ووضع (Input) فرق الجهد الكهربائي عبر هذه المقاومة ( $iR$ ) الى دائرة التضخم (Amplifier) ويستعمل مردود (Output) المضخمة لتشغيل المسجل.

يصاحب عمل هذا النوع من المكشافات وجود تيار ضئيل حتى وإن لم يكن هناك اشعاع ساقط عليه ويدعى هذا التيار بـ(تيار الظلم dark current) وهو نتيجة للانبعاث العشوائي الحراري للالكترونات من سطح الكاثود، ويزداد مقدار هذا التيار مع زيادة مساحة الكاثود وزيادة درجة الحرارة ايضا.

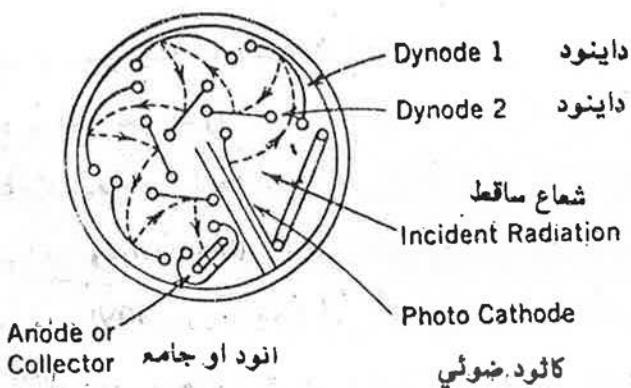
ان ظاهرة تأثير الكهربائي التي سبق شرحها هي اساس عمل هذا النوع من المكشافات، اذ يتناسب عدد الالكترونات المنبعثة من الكاثود عند شدة معينة طرديا مع شدة الاشعاع هذه الساقطة عليه. وعندما يزداد فرق الجهد المسلط بين قطبي الانبوب الضوئي سوف يتزايد عدد الالكترونات المنبعثة التي تصل الانود

بسريعة، الى ان تصل الى مستوى من الاستقرار النسبي، حيث لا يبقى التيار معتمدا عند هذا المستوى على فرق الجهد. ان فرق الجهد عند هذه النقطة يدعى بفرق جهد الاشباع (Saturation Voltage) وهو يمثل النقطة التي تتجمع فيها جميع السكترونات الانبعاث الضوئي بكفاءة مقدارها 100%. وبناءاً على ذلك اذا ما أريد للانبوب الضوئي ان يصبح تياره معتمداً على شدة الاشعاع يجب ان يشغل فوق فرق جهد الاشباع. ان معظم الانابيب الضوئية تعمل عادة عند فرق جهد حوالي (90V) كما اسلفنا.

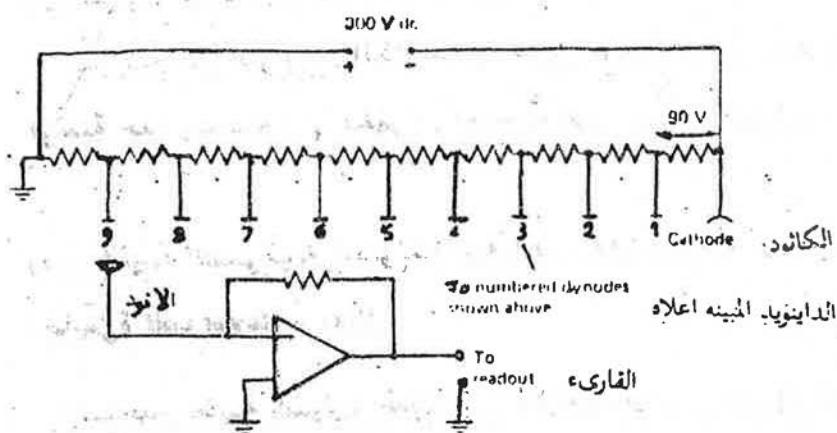
تستخدم انواعاً مختلفة من المواد لطلاء الكاثود في عموم الانابيب الضوئية، ويتم اختيارها طبقاً لنطقة الاشعاع التي يستعمل فيها الانبوب الضوئي. ويتألف البعض منها من واحد او اكثر من أكسيد العناصر القلوية او القلوية التراوية وأوكسيد الفضة، او خليط يحتوي على مواد شبه موصلة كالطبقات الرقيقة الشائعة الاستخدام المكونة من  $\text{Cs}_3\text{Sb}$  او  $\text{K}_2\text{CsSb}$  أو  $\text{Na}_2\text{KSB}$  مع كمية ضئيلة من  $\text{Cs}$  او مترسب عليها بصورة متتابعة فضة - اوكسجين - سيزيوم. ان مدى الأطوال الموجية للأشعاع الذي تتحسس الانابيب الضوئية يتراوح بين 1200nm-200 اي (0.2-1.2μm)

## (2) الانابيب المضاعفة الضوئية The Photomultiplier Tubes

تنسب انابيب المضاعفة الضوئية الى الانابيب الضوئية التي تم التطرق الى ميكانيكيتها المعتمدة على ظاهرة الانبعاث الالكتروني تحت تأثير الاشعاع، الا انها تتميز بمضاعفتها للتيار الناتج وشدة حساسيتها. يبين الشكل (11-4) مخطط مقطع عرضي للانبوب والدائرة الكهربائية الخاصة به:



(أ)



(ب)

الشكل (11.4) : أنبوب المضاعفة الضوئي (أ) مقطع عرضي للأنبوب.

#### (ب) الدائرة الكهربائية

يم تضخيم التيار في أنبوب المضاعفة الضوئية، بالاشتغالة من ظاهرة الانبعاث الإلكتروني المتلاحم (الثانوي). فإذا امكنا تعجيل الإلكترون المتحرر من الكاثود بتأثير مجال كهربائي فسوف يكتسب طاقة أكثر، وبالتالي فإنه ي Emerson بدوره على تحرير كترونات جديدة تنطلق من سطح آخر قابلاً على تحريرها عندما يسقط عليه، ويعجّل الإلكترونات المتحررة هذه باتجاه سطح آخر (تأثير مجال

كهربي أيضا) ينبع عنه انطلاق الكترونات أخرى، وملما جرى. إن هذا هو الاساس لأنبوب المضاعفة الضوئية.

تعرف كل صفيحة من الصفائح الحساسة ببعث الالكترونات في المضاعف الضوئي باسم الداينود (Dynode). وتكون كل واحدة منها عند جهد كهربي يزيد على سابقه بـ(90V)، وبذلك فانها تعمل كمرحلة تضخم للفوتون الاصلي. وعلى سبيل المثال وبعد تسع مراحل من المضاعفة للانبوب المبين في الشكل (11-4) فان الفوتون الواحد يضاعف بقدار  $10^6$  إلى  $10^7$ .

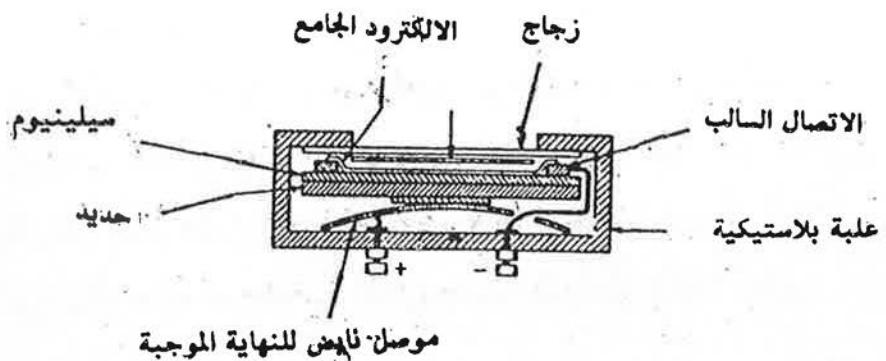
يستخدم هذا النوع من المكشافات علیا لفرض قياس مقدرة الاشعاعات الواطئية جدا وبعكسه فانها تظهر درجة عالية من عدم الاستقرارية.

### (3) الخلية الضوئية الفولتائية Photovoltaic cell او خلية الطبقية

#### الماجزة Barrier-layer cell

تستخدم الخلية الضوئية الفولتائية لكشف وقياس اشعاع المنطقة المرئية. وتبدى اعلى استجابة عند الطول الموجي 350nm تقريبا، وتنخفض هذه الاستجابة مع زيادة الطول الموجي لتصل الى 10% من القيمة العظمى تقريبا عند 750nm.

يتربّب ابسط انواعها - كما موضح في الشكل (12.4) من قطب ساند كالمنديد او النحاس يرسب فوقه طبقة رقيقة من مادة شبه موصلة مثل السلينيوم او اوكسيد النحاسوز. تغطى طبقة شبه الموصل بfilm رقيق شفاف من فلز جيد التوصيل الكهربائية كالفضة او الذهب او الرصاص والذي يكون بمثابة القطب الآخر ويعمل كقطب جامع للالكترونات. ولصيانته الفلم من التأثيرات الخارجية تغطى اجزاء الخلية من جهة سقوط الاشعاع عليها بغلاف شفاف (زجاج مثلا)، في حين يحيط الجزء المتبقى بغلاف مصنوع من احد اللدائن.



الشكل (12-٤) : مخطط خلية ضوئية فولتائية

تؤدي الخلية عملها على النحو الآتي :

عندما تسقط الأشعة على الطبقة شبه الموصلة فسوف تعمل على كسر الاوصار التكافؤية للطبقة ويؤدي ذلك الى تكوين الالكترونات وفراغاتها (الثقوب). وتتجه الالكترونات وتتركز عند طبقة الفضة - السلينيوم وتتجه الثقوب نحو القاعدة التي يستند عليها شبه الموصل. تسرى الالكترونات المتحركة خلال الدائرة الخارجية ويكون لها تأثير متبادل مع الثقوب، وبذا يتم الحصول على تيار كهربائي يتناسب مع عدد الفوتونات التي تصطدم بسطح شبه الموصل. وتتراوح قيمة التيارات الناتجة عادة بين 10 و100 مايكرومبير ويمكن قياسها بواسطة كلفانوميتر او مايكروميترا. ومن الجدير بالذكر ان تسمية هذا النوع من الخلايا بخلايا الطبقة الحاجزة احياناً، لتكون حاجزاً على ما يبدو بين السلينيوم والحديد يمنع سريان الالكترونات الى الحديد.

تبين الخلايا الضوئية الفولتائية بكونها وسائل رخيصة الثمن نسبياً ومتينة وبعدم حاجتها الى مصدر خارجي للطاقة الكهربائية، من ناحية اخرى، فإن القوامة الداخلية الواطئة لهذا النوع من الخلايا يجعلها غير مناسبة لعملية تضخم

التيار الخارج. ان ما يعاب على الخلية هو انعدام حساسيتها تجاه المستويات الواطئة من الاشعاع والاعباء الذي يصيبها عند استمرار عملية الاضاءة المتواصلة مما يقلل من التيار الخارج بصورة تدريجية، كما ان استعمالها مقيد عموما بالاجهزه التي تسمح بنفذ حزمة عريضة من الاشعاع نسبيا علاوة على تأثيرها بالحرارة.

#### ٢٠٦-٤) مكشافات ماتحت الحمراء Infrared Detectors

وتكون متنوعة تبعا الى طاقة اشعاع منطقة ماتحت الحمراء.

##### ١٠٢٠٦-٤) المكشافات المستخدمة في منطقة ماتحت الحمراء القرصية:

###### (١) مكشافات المرئية وما فوق البنفسجية

ويمكن استخدامها في اجهزة ماتحت الحمراء عند الاطوال الموجية

القصيرة ( $0.75-1.20\mu m$ )

###### (٢) خلايا الموصلات - الضوئية Photo-conductor cells

وهي اكبر المكشافات حساسية للكشف عن اشعاعات ماتحت الحمراء

القرصية ( $0.75-4.5\mu m$ ).

تكون المادة الحساسة في هذه الخلايا هي بلورات لشبه موصل مثل (كيريتيد او سلينايد الفلزات امثال الرصاص، الكادميوم، الكالسيوم، الانديوم او عنصر الجيرمانيوم الحاوي على نسبة من الشوائب). يؤدي امتصاص الفوتونات الى انتقال الكترونات التكافؤ في شبه الموصل (وأكثرها غير موصلة) من حزم التكافؤ الى حزم موصلة بما يؤدي الى خفض المقاومة الكهربائية تتبعها زيادة في قيمة التيار الكهربائي عند فرق جهد قليل. ويمكن متابعة التغير في التوصيل بواسطة قنطرة ويستون مثلا.

وتمثل خلية كبريتيد الرصاص للتوصيل الضوئي، الخلية الاكثر شيوعا، وتصنع بوضع طبقة رقيقة من الكبريتيد على صفيحة زجاجية او من الكوارتز، ويحفظ هذا التركيب ضمن تجويف مفرغ لحمايته من فعل مكونات الجو. ان هذه الخلية حساسة للمنطقة ( $0.7\text{--}4.5\mu\text{m}$ ).

لقد ورد في المصادر الحديثة امكانية تصنيع مكشافات جديدة ملائمة للعمل لغاية الطول الموجي ( $120\mu\text{m}$ )، وذلك باستخدام مواد شبه موصلة عضرة من معالجة (تفمير وعجن) الجيرمانيوم بالنحاس او الزئبق ومبرده بالهليوم السائل. وهذا يعني ان هذا النوع من المكشافات سيكون هو الشائع مستقبلا.

#### (٤) مكشافات ماحت الماء الوسطية والبعيدة (المكشافات الحرارية) Thermal Detectors

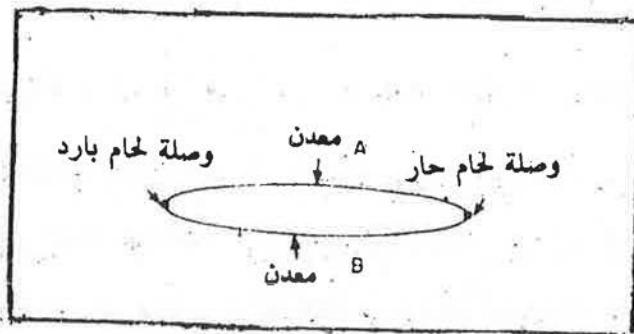
ان طاقة فوتونات ماحت الماء الوسطية والبعيدة غير كافية لأن تسبب انبعاثا الكترونيا من السطوح الحساسة او انتقالا الكترونيا في اشباه الموصلات كما مر سابقا. وعليه يتطلب الامر استخدام مكشافات تعتمد في استجابتها على تحويل طاقة الفوتونات المتصلة الى طاقة حرارية، تغير بدورها من بعض الخواص الفيزيائية للمكشاف. ان هذا النوع من المكشافات يتحسس على مدى واسع من الاطوال الموجية ( $2.5\text{--}1000\mu\text{m}$ ) على الرغم من ان استجابتها بطئية عموما وحساسيتها اقل مما ذكر لاقرانها من المكشافات السابقة. ومن اكثراها شيوعا:

##### (١) مكشاف المزدوج الحراري Thermocouple Detector

هذا المكشاف شائع الاستعمال في معظم اجهزة ماحت الماء ويستند عمله على ظاهرة بليير (Peltier effect) والتي تعي تولد جهد بين اتصالين لمعدين مختلفين عندما يكونان في درجتي حرارة مختلفة. ويمكن ان يصنع بعدة اشكال. المزدوج الموضح في الشكل (13.4) يصنع من لحيم سلكين دقيقين مع بعضهما عند ثوابتهما.

والسلكان (A وB) مصنوعان من معدنيين مختلفين بدرجة كبيرة في قوتها الكهروحرارية (Thermoelectric emf)، فاذا اصبحت احدى وصلتي اللحام الآخرى (التي تسمى الوصلة الباردة Cold junction) فسينشأ فرق جهد كهربائي صغير بين الوصلتين. غالبا ما يكون لحام الوصلة الحارة الى صفيحة صغيرة رقيقة جدا من الذهب المسود كادة ماصة للفوتونات. وفي مطياف ما تحت الحراء تحفظ الوصلة الباردة عند درجة حرارة ثابتة تماما في صندوق محكم، في حين تتعرض الوصلة الحارة الى اشعاعات ما تحت الحراء التي ترفع من درجة حرارتها مما يعقبه تولد جهد كهربائي يعتمد في قيمته على الفرق في درجة الحرارة، وتذلك فهو مقياس لكية اشعاعات ما تحت الحراء الساقطة على الوصلة الحارة. وتكون المزدوجات الحرارية عادة ضمن علبة محكمة مفرغة، وذلك لتفادي فقدان الحرارة والتقلبات غير الضرورية لدرجة الحرارة، كما ان العلبة مجهزة بنافذة صغيرة من مادة تسمح بمرور الاشعاع.

يحتاج مكشاف المزدوج الحراري عادة الى مضخم ممهد (Preamplifier) ذي استجابة جيدة للترددات الواطئة. ويستطيع هذا المكشاف المصم جيدا ان يستجيب الى الفرق الحراري  $10^{-6}$  كا ان زمن استجابته يقرب من 40 ملي ثانية.



الشكل (13.4) مزدوج حراري

## ( 2 ) البولوميتر Bolometer (مقياس الطاقة الحرارية الاشعاعية)

هو محرار مقاومة حساس جدا يستخدم لكشف وقياس الاشعاعات الحرارية الضعيفة، ويستند في عمله على التغير الكبير نسبيا في مقاومته كدالة لدرجة الحرارة. يتكون البولوميتر عادة من محرار مقاومة صغير مزود بسلك صغير ودقيق من معدن موصل (كالبلاطين أو النيكل المسودين) يتحسس الحرارة بواسطته. عند سقوط اشعاع ماتحت الحزاء على الموصى ترتفع درجة حرارته مما يسبب زيادة في مقاومة المكشاف (حوالى 0.4% لكل درجة مئوية). وتقياس مقاومة البولوميتر بواسطة احدى الدوائر الكهربائية المعروفة في هذا المجال (مثلا قنطرة وتسبيتون). ويمكن ان يستبدل سلك البلاطين بالترمستر Thermistor، بسبب من ان للترمستر معامل حراري سالبا عاليا. وتبلغ قيمة التغير في مقاومته حوالى 5.0% لكل درجة مئوية. يصنع الترمستر من منصهر مزيج لعدد من من الاكسيد، ويتميز مكشاف الترمستر بالانخفاض مقاومته مع ازدياد درجة الحرارة (على العكس من استخدام البلاطين).

ان مايعب على البوليترات هو طول زمن الاستجابة (Response time) مما يحدد من استخدامها على نطاق واسع في اجهزة ماتحت الحزاء.

## ( 3 ) مكشاف كولي Golay Detector (مكشاف الحرارة الغازية)

عبارة عن محرار غازي حساس يرتكز عمله على ازدياد ضغط الغاز المخصوص داخل المكشاف نتيجة ارتفاع درجة حرارة الغاز بتأثير الاشعاع وتحول الزيادة في ضغط الغاز الى اشارة كهربائية.

يتكون مكشاف كولي من اسطوانة معدنية صغيرة مملوءة بغاز غير ماص للأشعاع (مثلا غاز الزينون)، ومحتومة بصفحة معدنية صلبة مسودة (مساحتها  $2 \text{ مم}^2$ ) في احدى نهايتها ومن النهاية الاخرى بمحجوب مرن مطلي بالفضة من

الخارج. يعمل عمل مرآة وسلط عليه مصدر ضوئي هو جزء من نظام بصري لأنبوب ضوئي مفرغ.

عند مرور أشعة ماتحت الحراء الى داخل الخلية خلال شباك يسمح بمرورها فانها تنتص من قبل الصفيحة المعدنية المسودة مسببة ارتفاعا بدرجة حرارتها ينتقل الى الفاز المخصوص فيزيد من ضغطه وبالتالي يغير من وضعية الحجاب الفضي المرن ويشهده. وتم متابعة التشهو عن طريق المصدر الضوئي، حيث تتجه الاشعة الى الانبوب الضوئي المفرغ. ان حركة الحجاب المعتقد على ضغط الفاز تحرك حزمة الضوء خلال السطح الحساس للأنبوب الضوئي وهذا يقود الى تغير التيار الناتج.

ينبغى زمن الاستجابة في هذا النوع من المكشافات (30-3 ملي ثانية) ولذلك المكشافات حساسية مشابهة للمزدوج الحراري، كما انها تفضل للاستخدام عند الالواح موجية اكبر من (50um) لتعانس تحمسها اذا ما استخدم الشباك البصري الملائم. اما حجم هذا المكشاف فهو اكبر من بقية المكشافات المستخدمة في منطقة ماتحت الحراء.

#### ( ٤ ) المكشاف الكهربائي الحراري The Pyroelectric Detector

يستند عمل هذا المكشاف على صفة امتلاك بعض البلورات (مثل كبريتات ثلاثي الكلسين او تيتانات الباريوم) عزم ثانوي قطب حساس للحرارة. فمثلاً توضع هذه البلورات بين صفيحتين فلزيتين متوازيتين - احداهما تسمح بمرور شعاع ماتحت الحراء. تكون متسعة حساسة للحرارة يمكن ان تستخدم لقياس شدة الاشعة ماتحت الحراء. وتكون ميكانيكية عمل هذا المكشاف في تحول طاقة الاشعاع الى طاقة حرارية تغير بدورها من المسافات للشبكة البلورية للبلورات يقود الى تغير تلقائي في الاستقطاب الكهربائي للبلورة، وبهذا يمكن الحصول على اشارة تعتمد قيمتها على قيمة الاشعاع الواصل الى البلورة.

تمتاز هذه المكشافات على المحسات الحرارية الأخرى بقصر زمن استجابتها وسرعة مسحها الطيفي، إلا أن كلفة تصنيعها عالية.

#### (7.4) قاريء (أو مسجل) اشارة المكشاف

##### Detector Signal

هو جزء الجهاز الذي يحول الاشارة الكهربائية المولدة في المكشاف الى هيئة يمكن تفسيرها والاستفادة منها في التحليل، كأن تقرأ على شكل قراءة مطلقة أو امتصاص أو نقاذية.. الخ. وقد يكون المسجل مقياساً ذا مؤشر أو مقياساً ضوئياً يعطي أرقاماً باشارات ومضدية (Digital display) أو كسجل خطى أو توماتيكي (Pen recorder).

وتم معالجة الاشارة المولدة في المكشاف عادة بمساعدة واستخدام المضخات (Amplifiers) ومقاييس شدة التيار ومقاييس الجهد ومسجلات القياس الجهدية (Potentiometric recorders). إضافة إلى استخدام وسائل ر بما لتغير الاشارة من dc إلى ac أو بالعكس وأحياناً في اجراء عمليات رياضية على الاشارة مثل التفاضل أو التكامل أو التحويل إلى اللوغاريتمات.

#### (8.4) أمثلة على اجهزة القياس اللوني والطيفي الموجية :

يتوفر العديد من الاجهزه التجارية الخاصة بقياس الامتصاص، وجميع هذه الاجهزه يمكنها ان تعمل اما بنظام الحزمة المنفردة (Single-beam) وهذه ابسط انواع الاجهزه، او بنظام الحزمة المزدوجة (Double-beam) والتي تكون اعقد من الاولى غير أنها تفوقها في الدقة.

# المصادر

1- التحليل الكيميائي الآلي \ الدكتور عبد الحسن عبد الحميد الحيدري

2- Analytical Chemistry / Skoog and Douglas