كيف تعمل الأشياء

المجهر الإلكتروني

إعداد : د . عبد الله بن إبراهيم المرشد

يرجع تاريخ اكتشاف المجهر الإلكتروني إلى سلسلة من الجهود المتواصلة بدأها عالم الفيزياء الألماني بوخ (Busch) بين عامي ١٩٢٥ و ١٩٢٧م حينما استطاع استخدام مجال مغناطيسي غير متجانس كعدسة لتجميع شعاع من الإلكترونيات محاكاة لما تقوم به العدسات البصرية في حالة الشعاع الضوئي ، بعدها تواصلت الجهود للاستفادة من اكتشاف بوخ المذكور وتوظيفه في تكبير الصور حيث أمكن تحقيق ذلك عام ١٩٣٢م ، في مركزين بحثيين مستقلين ، أحدهما في جامعة برلين التقنية على يد العالمين نول وروسكا (Knol & Ruska) ، والآخر في معهد برلين للبحوث على يد العالمين بروخ وجونسون (Bruche & Johannson) ، ثم استمرت جهود التطوير في عدد من مراكز البحث العلمي من أجل رفع القوة التكبيرية للمجهر حتى وصل المجهر إلى شكله الحالي في بداية الخمسينات من هذا القرن .

وحتى ذلك الوقت انحصر استخدام المجهر في دراسة سطوح المواد بسبب انخفاض الجهد المستخدم وبالتالي ضعف قدرة الإلكترونات على النفاذ إلى داخل المواد ، غير أن جهود التطوير تواصلت حتى تمكن العالم هيرتش (Hirsch) ومجموعته البحثية في مدينة كمبردج في انجلترا بين عامي ١٩٥٧ و ١٩٥٨م من تطوير طريقة لعمل رقائق المواد أمكن بوساطتها نفاذ الإلكترونات إلى تلك الرقائق واستكشاف مكوناتها الداخلية مما يعد بداية لاكتشاف مجهر النفاذ الإلكتروني . ثم توالت الاكتشافات في عالم المجاهر الإلكترونية وتعددت استخداماتها وظهرت أنواع جديدة كانت خير معين للعلماء والباحثين على اكتشاف الكثير من الأسرار العلمية واختراع المواد الجديدة .

يتميز المجهر الإلكتروني ـــ مقارنة بالمجاهر الضوئية ـ بعدة مزايا منها :

١ ـ القدرة العالية على التكبير التي تصل إلى ملايين المرات في بعض أنواعه ، ولك أن تتصور المقدرة العالية للمجهر الإلكتروني في التكبير إذا علمت أن العين المجردة يمكن أن ترى الأشياء الصغيرة إذا كانت أكبر من ١٠ مايكروميتر ، وأن المجهر الضوئي يستطيع تكبير هذه الأشياء ألف ضعف ، فكيف بالمجهر الإلكتروني وهو يستطيع تكبير الشيء نفسه إلى مليون ضعف .

٢ ـ توليد حزمة من الإلكترونات يتم التحكم فيها ـ مقارنة بحزمة الضوء في المجاهر الضوئية ـ وتسليطها على سطوح الأجسام المراد فحصها .

توجد عدة أنواع من المجاهر الإلكترونية أهمها نوعان هما مجهر المسح الإلكتروني (Scanning Electron Microscope , SEM) ، ومجهر النفاذ الإلكتروني (Transmission Electron Microscope, TEM) وسيتناول هذا العدد بمشيئة الله النوع الأول .

أجزاء الجهاز

يتألف مجهر المسح الإلكتروني (SEM) ، شكل (١) ، من الأجزاء التالية :

مدفع إلكترونات

مدفع الإلكترونات (Electron Gun) عبارة عن سلك رفيع من مادة التنجستين قطره ١٢, مم تنبعث منه الإلكترونات بعد تسخينه .

عدسات مغناطيسية

تتحكم العدسات المغناطيسية (Magnetic Lenses) في شكل شعاع الإلكترونات ، ويوجد منها نوعان هما :

* عدسة مكثفة (Condenser Lens) : وتحدد قطر وشدة الشعاع .
* عدسة شيئية (Objective Lens) : وتعمل على تكبير الصور .

ملفات مسح

تستخدم ملفات المسح (Scanning Coils) للتحكم في مسار شعاع الإلكترونات لمسح جزء صغير من سطح العينة .

قاعدة تثبيت العينة

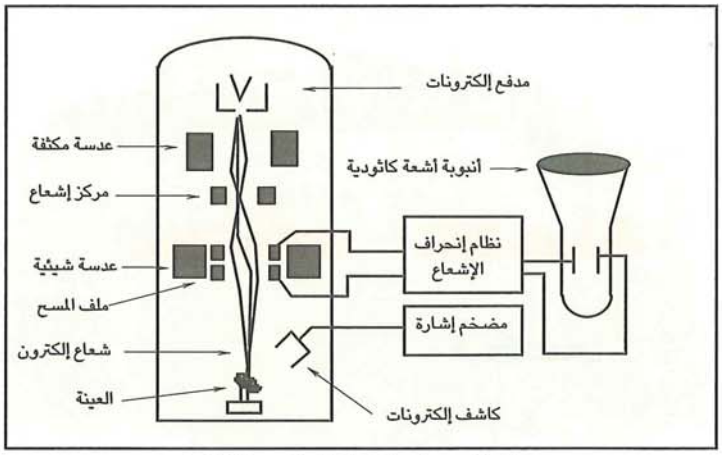
قاعدة تثبيت العينة عبارة عن قاعدة تتحرك أفقياً ورأسياً من خلال لوحة التحكم الرئيسية .

● كاشف إلكترونات

يعمل كاشف الإلكترونات (Electron Detector) الـذي يتم تثبيته فـوق العينة على استقبـال الإلكترونات المرتدة من سطحها .

● أجهزة أخرى

الأجهزة الأخـرى عبـارة عـن مجمـوعة أجهـزة إلكترونية ـ مثل مضخـم الإشـارة (Signal Amplifier) ـ تستخـدم لمعـالجة الإلكترونات التـي تم استقبالها وقيـاسها ، ومن ثم يمكن عـرضهـا بـوسـاطة أنبـوبـة الأشعـة الكـاثـوديـة (Cathode Radiation Tube- CRT) .



● شكل (١) رسم تخطيطي لمكونات المجهر الالكتروني .

آلية عمل الجهـاز

تعتمد آلية عمل مجهر المسح الإلكتروني على عدة خطوات هي :

١ ـ توليد شعـاع من الإلكترونات ـ من فتيل التنجستين الموجـود في مدفع الإلكترونـات ـ يتم تسريعه بوساطة جهد كهـربائي مرتفع يصل إلى ثلاثين ألف فولت ، كما يتم التحكم في شكله بـوساطـة العدسـات المغناطيسيـة المكثفة والشيئية .

٢ ـ مـرور شعـاع الإلكترونـات مـن خلال أنبوبة مفرغة تصل درجة تفريغها إلى جزء من مليون ضغط جوي وذلك للمحافظة على شكل وشـدة الشعـاع من الامتصـاص بجـزيئـات الهواء الجوي .

٣ ـ تـركيز الشعاع على سطـح العينة المراد فحصها باستخدام العدسات الشيئية .

٤ ـ تفاعل الإلكترونات مع مـادة العينـة ، ويـأتي ذلك ، شكـل (٢) ، على عدة أشكال منها :

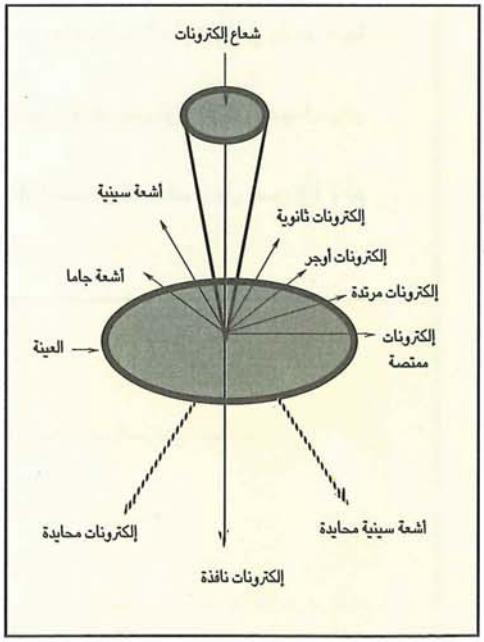
(أ) امتصـاص بعـض الإلكتـرونات داخـل العينـة (إلكترونات ممتصة) .

(ب) نفـاذ بعض الإلكترونـات من خلال العينـة إلى خارجهـا (إلكترونات نافذة) .

(ج) ارتداد بعض الإلكـترونات (إلكترونات مرتدة).

(د) تكوين أشعة جاما أو أشعة سينية مرتدة أو محايدة .

يتم تحديد أجهـزة الكشف عن العينة المراد فحصها حسب نـوع نـواتج تفـاعـل شعـاع الإلكترونات مع سطحها ، ومن ثم تحويل الأشعـة النـاتجة إلى صور مرئية بـاستخدام أنابيب الأشعة الكـاثوديـة ، وتسجيل هـذه الصـور إمـا على أجهـزة فيديـو (للحصول على صـورة متحركـة) أو على آلة تصوير (للحصول على صورة ثابتة) .



● شكل (٢) نواتج تفاعل الالكترونات مع العينة .

تطبيقات الجهاز

على الرغم من صعوبة حصر تطبيقات مجهـر المسح الإلكتروني في هـذا العصر المليء بأبحـاث وتطبيقات التقنيـات الدقيقـة إلا أنه يمكن إعطاء أمثلة عامة عن أهم هذه التطبيقات وخـاصـة في مجالي علـوم المواد ، والعلـوم الإحيائيـة حيث إنهما يعدان من أهـم المجالات التي استفادت من تقنيـة المجاهـر الالكترونية وذلك للحـاجـة الماسـة إلى دراسة مكـونـاتها الأساس وأشكال تركيبها ، ومن أمثلة ذلك :

١ ـ دراسـة التـراكيب الصغيـرة للمـواد والسبـائك لمعـرفـة كيفية تكـوينهـا وعـوامل الضعف التى تطـرأ عليها أو التشوهـات التي تحدث لها .

٢ ـ فحـص أشـبـاه المـوصـلات (Semi Conductors) لمعـرفة أسبـاب فشلهـا وذلك من خـلال دراسـة التركيبات الـدقيقـة للمادة .

٣ ـ تطوير مواد جديدة فائقة التوصيل .

٤ ـ دراسة المكـونات الأساس والأشكـال المختلفـة في علـوم الأحياء والأحيـاء الـدقيقـة والخلية .

٥ ـ إمكانية الحصـول على تحليلات دقيقة وسريعة للعنـاصر والمواد المكونة لعينـة ما عن طـريـق تـوصيل بعض أجهـزة التحليل مع المجهر الإلكتروني .