# میکروسکپ الکترونی

از : شاهرخ معاونی

## ۱ ـ تاریخچه

از مدتها پیش بشر متوجه شده است که چشم انسان قادر به تشخیص دو نقطه که زاویهٔ دید آنها کمتر از مقدار معینی باشد نیست . این ناتوانی بشر مانند سایر ناتوانی‌های دستگاه فیزیکی اوزائیده عدم احتیاج باین قدرت در دوران اولیه تکامل بشر بنظر میرسد . لیکن تاریخ ثابت کرده است اززمانی که انسان قادر به تفکر منطقی بوده است درصدد درفع این ناتوانیها بتوسط اجسام طبیعی و یا مصنوعی ساخت خود او برآمده است .

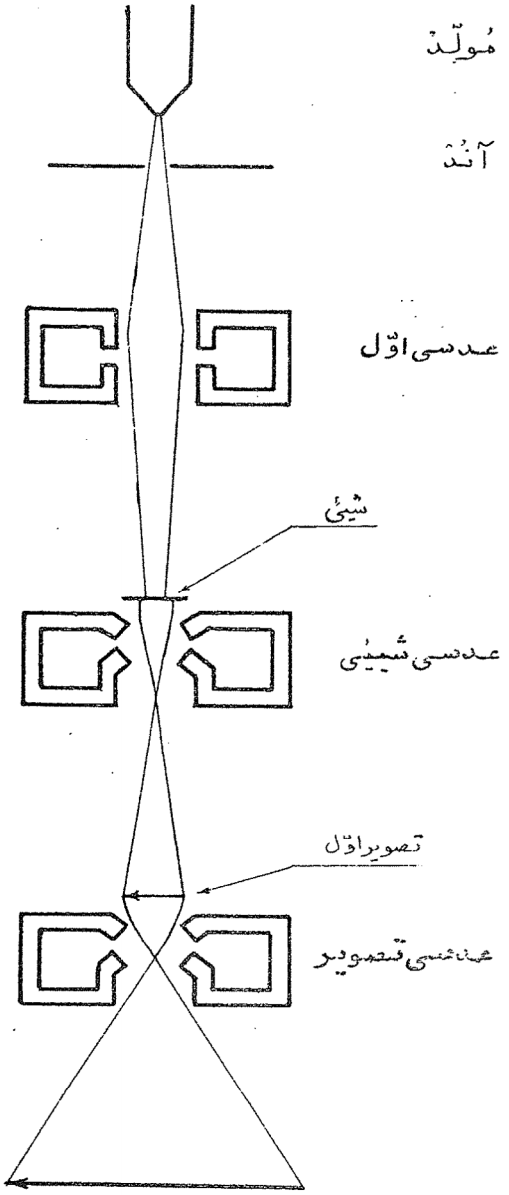
تاریخچهٔ پیدایش عدسی و میکروسکپ نوری که برای رفع ناتوانی دید بوجود آمده اندبرنویسندهٔ این مقاله آنطور که باید و شاید معلوم نیست، لیکن این مطلب مسلم است که تئوری وساختمان میکروسکپ نوری در نیمهٔ اول قرن بیستم به حد تکامل خود رسیده است . قبل از تکمیل این تئوری دانشمندان معتقد بودند که با ازدیاد ضخامت عدسیها و درنتیجه ازدیاد قدرت تمرکز امواج نوری میتوان قدرت تشخیص را تا مقدار دلخواه زیاد کرد . لیکن پس از تکامل تئوری بتوسط **رایلی** دانشمندان متوجه شدند که علیرغم عدم وجود حداکثری برای بزرگ نمائی قدرت تشخیص را نمیتوان بیش از مقدار معین زیاد کرد. این حداکثر قدرت تشخیص بر خلاف آنچه که قبلا مورداعتقاد دانشمندان بود مستقل ازضخامت عدسی بوده و رابطهٔ مستقیم باطول موج امواج نوری مورد استفاده دارد .

پس از کشف رابطهٔ قدرت تشخیص با طول موج برای بدست آوردن قدرت تشخیص زیاددرمیکروسکپی دانشمندان متوسل به امواج نوری ماوراء بنفش شدند لیکن این اشعه که از نوسانات الکترونهای اتمهای جیوه بدست میآیند دارای طول موجی برابر با ۲۵۳۷ آنگستروم بوده و قدرت تشخیص را فقط تا ۱۱۰۰ آنگستروم زیاد میکنند . در همین ایام دانشمندان متوجه شدند که طبق کشفیات **دوبروئی** الکترون‌ها دارای خاصیت موجی بوده و برحسب مقدار انرژی پتانسیل خود طول موجی از خود بروز میدهند . اگر انرژی پتانسیل این الکترونها مقدار نسبتاً زیادی باشد طول موج آنها بسیار کم خواهد بود . الکترونهائی که دارای ۵۰۰۰۰ ولت انرژی باشند دارای طول موجی برابر با ۰/۰۵۳۵ آنگستروم هستند. درهمین موقع عدسیهای الکتریکی و مغناطیسی نیز درست شده بودند و بنابراین تمام مقدمات لازم برای بوجود آمدن یك میکروسکپ الکترونی فراهم بود. از لحاظ تئوریك اگر میکروسکپ الکترونی فاقد نواقص و بخوبی وظرافت میکروسکپ نوری ساخته شود میتواند قدرت تشخیص را تا ۱ آنگستروم بالا ببرد . لیکن عدسیهای الکتریکی و

مغناطیسی را بخاطر نواقص اصولی نمیتوان بدقت عدسیهای نوری ساخت وازاینرو بهترین قدرت تشخیص را که عملا میتوان بدست آورد در حدود ۱۰ انگستروم میباشد .

**۲ ـ تئوری وساختمان**

دربین میکروسکپ‌های الکترونی موجود آنهائی که بتوسط عدسیهای مغناطیسی کار میکنند بخوبی امتحان خودرا داده‌اند. لیکن امروزه عدسیهای الکتریکی نیز بخوبی مورد استفاده قرار میگیرد . ساختمان کلی این میکروسکپ‌ها درشکل ۱ نشان داده شده‌است. همانطور که انتظار میرود ساختمان آنها کاملا شبیه ساختمان میکروسکپ‌های نوری میباشد. قسمت اول یك مولد الکترون است که بمنزلهٔ مولد نور میباشد. الکترونها پس از اینکه بتوسط آند با سرعتی یکسان بطرف شئی بحرکت در آمدند وارد عدسی مغناطیسی میشوند . این عدسی الکترونها را برروی نقطهٔ مورد علاقه شئی تحت مطالعه متمرکز میکند . الکترونها پس از برخورد با شئی تحت مطالعه که بصورت یك پردهٔ بسیار نازك میباشد از آن عبور کرده وارد دومین عدسی مغناطیسی که عدسی شیئی نام داردمیشوند. این عدسی الکترونهای پخش شده را برروی یك صفحهٔ تخیلی که خوددا خل یك عدسی میباشدمتمرکز میکند. الکترونها در این صفحهٔ تخیلی اولین تصویر را نمایان میکنند . لیکن عدسی تصویر اول این الکترون‌ها دریك صفحه‌ای که درفاصلهٔ نسبتاً زیادی قرار دارد تصویر دوم را تشکیل میدهند. از این تصویر میتوان برای مطالعه شئی ویا عکس برداری از شئی استفاده کرد. علیرغم اینکه ساختمان میکروسکپ الکترونی و نوری تا اندازه‌ای متشابه میباشند اصول و مبنای کار آنها اختلافات زیادی دارد. این اختلافات را بطور کلی میتوان در جدول زیر ملاحظه کرد :




(شکل ۱)

میکروسکپ های الکترونی که در بالا توضیح داده شد همانطور که ازشکل ۱ و توضیح شکل نحوهٔ کارشان پیدااست ازحالت عبور از شئی استفاده میکنند. باین معنی که الکترون‌ها پس از برخورد باشئی مورد مطالعه از آن عبور کرده و پخش میشوند . این میکروسکپ‌ها در نوع خود مورد استفاده زیاد داشته ودرحال حاضر هم برای تحقیق وهم در امورتجارتی از آنها استفاده میشود . نوع بهترین این مکروسکپ‌ها آنهائی هستند که از الکترونهای ثانویه برای تشکیل

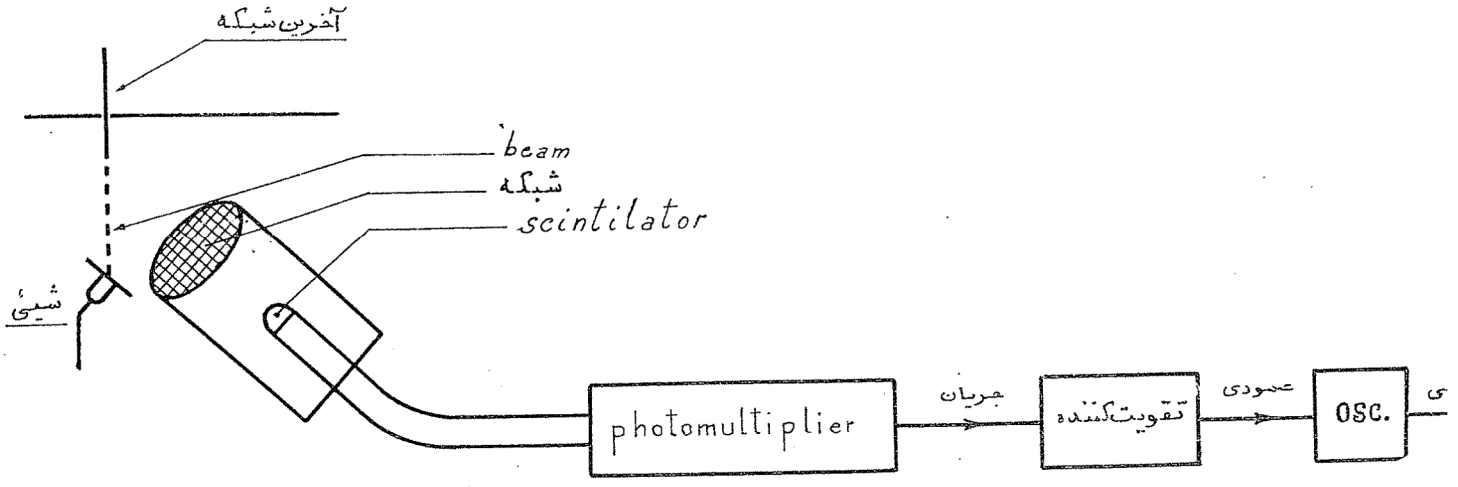
| پدیده | میکروسکپ نوری | میکروسکپ الکترونی |
|---|---|---|
| تشعشع متشکل تصویر | امواج نوری | الکترون |
| محوطه عبور امواج | هوا | خلا ($10^{-4}$ mm Hg) |
| نوع عدسی | شیشه | حوزه مغناطیسی یا الکتریکی |
| Source of Controst | جذب امواج | پخش الکترون |
| میزان بزرگ نمائی | تعویض عدسی | تغییر حوزه مغناطیسی یا الکتریکی |

تصویر استفاده میکنند .

این میکروسکپها که بنام scanning میکروسکپ الکترونی معروفند هنوز تکامل نیافته‌اند لیکن درحالت فعلی در تحقیقات بیولوژی و سطح شناسی از آنها استفاده میشود. علاوه براستفاده ازاین میکروسکپ برای تحقیقات، عده زیادی ازدانشمندان در حال حاضر تحقیقات خودرا متوجه تکامل این میکروسکپ کرده‌اند .

درscanning میکروسکپ ها مرکز تجمع الکترونها برروی شئی مورد مطالعه بطور اتوماتیك خطوط افقی و یا عمودی شئی مورد مطالعه را جاروب کرده و الکترونهای این مرکز پس ازبرخوردبا شئی تولید الکترونهای ثانویه میکنند . الکترونهای ثانویه بتوسط ولتاژ مثبتی که برروی شبکهٔ جمع کننده قرار داردبطرف محفظهٔ جمع کننده بحرکت درمیایند. پس از ورود به محفظه الکترونهای ثانوی باشتاب بسیار زیادی بطرف جسمی که Scintillator نام دارد به حرکت درمیآیند . Scintillator این خاصیت را دارد که الکترونها پس ازبرخورد با آن تولیدچندین Photon میکنند. Photonها همانطور که درشکل ۲ نشان داده شده است وارد لولهٔ نوری شده و سپس بدستگاهی بنام Photomultiplier هدایت میشوند. جریان حاصله در Photomultiplier که بستگی مستقیم به تعداد Photon های واردشده دارد بتوسط یك تقویت کننده قوی شده و سپس به صفحات قائم یك Osciliscope هدایت میشود صفحات افقی بتوسط همان Osciliscope جریانی که مرکز تجمع الکترونها را بر روی شئی کنترل میکند کنترل میشود . در نتیجه تصویر برروی صفحه Osciliscope ایجاد میشود که دارای بزرگ نمائی بسیار زیاد بوده و میتواند قدرت تشخیص را نیز تا ۱۰ آنگستروم بالا ببرد .

شکل (۲)



عدسیهای مورد استفاده در ایـن میکروسکپ میتوانند حوزه‌های مغناطیسی یا الکتریکی بـاشند لیکن حوزهٔ مشخص کننده خطوط رجمعمولا یك حوزه الکتریکی است .

در اینجا باید متذکر شد که ازمیکروسکپهای جاروب کن در حالت عبوراز شئی نیز استفاده میشود ولی این میکروسکپها موفقیت زیادی ازخودنشان نداده‌اند .