جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

میکروسکوپ الکترونی

۱- مقدمه

به طور کلی در میکروسکوپ های الکترونی سه نوع عدسی وجود دارد:

۱-عدسی جمع کننده (Condenser Lens)

۲-عدسی شیئی (Objective Lens)

۳-عدسی تصویری (Projector Lens)

عدسی جمع کننده دسته الکترون را بر روی نمونه متمرکز می نماید. عدسی شیئی یک تصویر بزرگ شده اولیه ایجاد نموده، برای حصول بزرگنمایی بیشتر از عدسی تصویری استفاده می شود. تصویر نهایی بدست آمده بر روی یک صفحه فلورسنت قابل رویت است.

از انواع عدسی های شیئی مورد مصرف می توان به:

- عدسی مخروطی (Conical Lens)
- عدسی فروبر (Immersion Lens)

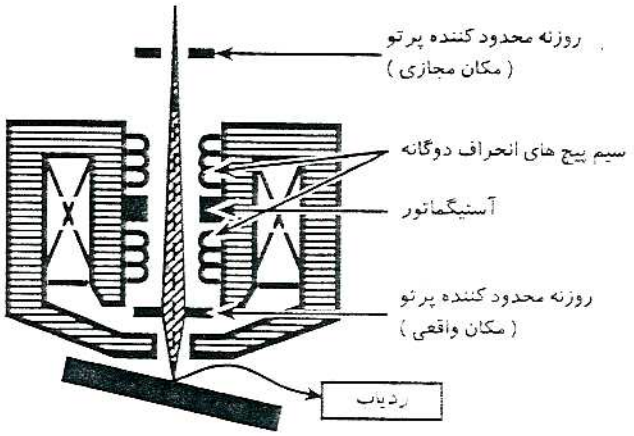
اشاره نمود. تصویری از این دو نوع عدسی در شکل مشاهده می شود.

عمدتا عدسی های مخروطی در میکروسکوپ الکترونی روبشی Scanning

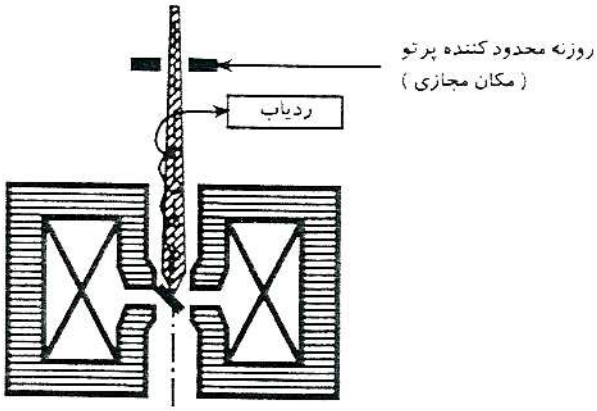
جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

(Electron Microscope عدسی هـای فروبـر در میکروسـکوپ الکترونـی

عبوری Transmission Electron Microscope یا TEM کاربرد دارند.



(الف)



(ب)

الف) عدسی مخروطی که اجازه مـی دهـد یـک نمونـه بـزرگ در بیـرون آن قرار گیرد.

ب)عدسی فروبر که یک نمونه کوچک در داخل آن قرار می گیرد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

به دلیل وجود محدودیت طراحی، عدسی های الکترونی با روزنه های بسیار کوچکتری نسبت به عدسی های شیشه ای میکروسکوپ های نوری کار می کنند. میدان الکترونی که توسط روزنه عدسی قابل کنترل است، ستون میکروسکوپ (Microscope Column) نامیده می شود. بسیاری از میکروسکوپ های الکترونی جدید حاوی ٤ تا ٦ عدسی هستند.

یک عدسی مغناطیسی مشتمل بر پوسته ای آهنی و سیم پیچ هایی مسی است که درمیدان مغناطیسی خود به دسته الکترون های وارد شده نیرو وارد کرده و بر اساس قانون دست راست فلمینگ آن ها را از مسیر خود منحرف می سازد. در این صورت این امکان فراهم می آید که بتوان الکترون ها را در مسیر خاصی قرار داده همگرا نموده و بر جای مشخصی متمرکز نمود. فاصله نقطه همگرا شدن الکترون ها تا عدسی را فاصله کانونی (Focal Distance) می نامند. فاصله کانونی در ارتباط مستقیم با مقدار ولتاژ شتاب دهنده الکترون ها و در ارتباط معکوس با تعداد دور سیم پیچ و شدت جریان عبوری قرار دارد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

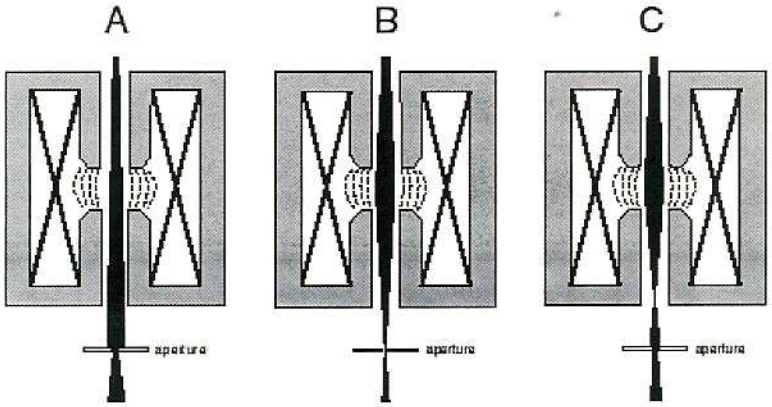


Figure 3.1.2b. Controlling the sample beam by changing the current through the windings of a condenser lens: (a) no current, electron beam is unfocused; (b) small current, lens has long focal length, (c) larger current, lens has a shorter focal length and a smaller cone of electrons is transmitted through the aperture. Dimensions have been greatly exaggerated for clarity (after Potts 1987).

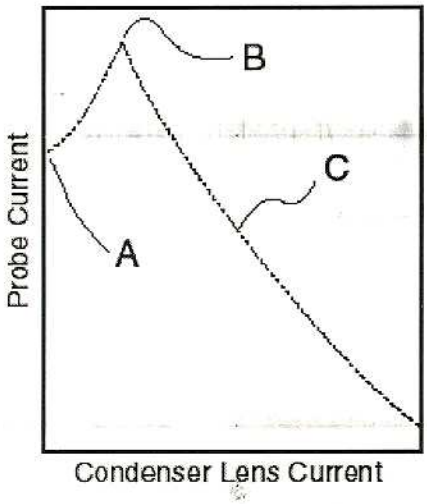


Figure 3.1.2c.. Change in probe current resulting from varying the condenser lens current. The points a, b and c correspond to diagrams in Figure 3.1.2b (after Potts 1987).

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

۲- عدسی های مغناطیسی

دانشمندان در دهه ۱۹۲۰ متوجه شدند که می توان پرتو الکترونی را به وسیله یک میدان مغناطیسی یا یک میدان الکترو استاتیک متمرکز کرد. از هر دو روش در عدسی های الکترونی استفاده شده است ولی امروزه استفاده از عدسی های الکترومغناطیسی در میکروسکوپ الکترونی تجارتی متداول است زیرا که عدسی های الکترو مغناطیسی دارای ضریب انحراف کمتری نسبت به عدسی های الکترو استاتیکی بوده و در حالت فشرده، پاک کردن ستون الکترونی از الکترون های زاید را تسهیل می کنند. مخصوصاً اگر ولتاژ مورد استفاده بالا باشد، در این مورد عدسی های الکترو استاتیک پر زحمت شناخته شده اند بنابراین بیش از این به عدسی های اولیه الکترو استاتیکی نمی پردازیم.

کلید درک این عدسی ها که در واقع بسیار ساده است که بر روی یک الکترون در حال حرکت در یک میدان مغناطیسی اعمال می شود. چنانچه الکترونی با سرعت V در یک میدان مغناطیس یبا قدرت B حرکت کند، نیرویی برابر F=Bev در جهت عمود، بر امتداد حرکت و امتداد میدان

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

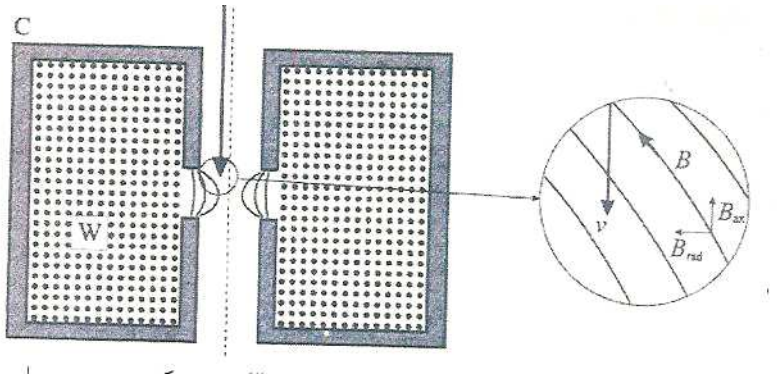
مغناطیسی بر آن اعمال خواهد شد. می توان این مسئله را به طور دقیق تر با روابط برداری به صورت زیر نشان داد:

$$F = e(B \wedge V)$$

معمولا عدسی های الکترو مغناطیسی طوری طراحی می شوند که یک میدان مغناطیسی تقریبا موازی با جهت حرکت الکترون ها ایجاد کنند. الکترونی که وارد این عدسی می شود یم میدان مغناطیسی B را تجربه می کند که می تواند به راحتی به مؤلفه های B_{ax} در امتداد میکروسکوپ و B_{rad} در جهت عمود بر آن تجزیه شود. در ابتدا مولفه B_{ax} که موازی با امتداد حرکت الکترون است اثری روی آن ندارد و نیروی کمی به اندازه $B_{rad}ev$ از طرف مؤلفه کوچک عمودی بر آن اعمال می شود. این نیرو باعث می شود که الکترون یک مسیر مارپیچ را از میان عدسی طی کند. به محض اینکه الکترون مسیر مارپیچ را شروع کرد، یک مؤلفه دایره ای سرعت V_{circum} هم عمود ب صفحه کاغذ پیدا می کند و بنابراین نیرویی به اندازه $B_{ax}ev_{cicum}$ در جهت عمود بر آن وارد می شود. بنابراین مسیر مارپیچی الکترون تنگ و تنگ تر می شود و در نتیجه پرتو موازی الکترون ها که وارد عدسی می شود در یک نقطه متمرکز می شود. این پدیده

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

ردست مانند متمرکز شدن نور در یک عدسی شیشه ای می باشد. اگر میدان مغناطیسی فقط تا طول کوتاهی از محور میکروسکوپ ادامه داشته باشد عدسی به صورت یک عدسی نازک عمل میکند.



نحوه عملکرد یک عدسی معمولی الکترو مغناطیس، الکترونی که در ورود به این عدسی، دقیقا در جمعیت اپتیکی (خط چین) قرار نداشته باشد، نیروهایی مانند آنچه که در سمت راست تصویر نشان داده شده است را تجربه می کند.

برای ایجاد یک میدان مغناطیسی با قدرت اندازه و شکل مناسب تقریبا همیشه از وسائلی مشابه آنچه در شکل نشان داده شده است استفاده می شود. یک کویل با دورهای زیادی ازسیم W روی هسته ای از آهن نرم C (قطب) پیچیده شده و فقط یک شکاف بسیار کوچک هوا، G دارد که به دقت تراشکاری شده است ومیدان در عرض آن تشکیل می شود. با تغییر

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

جریانی که از کویل می گذرد، معمولا صفر تا ۱ آمپر، قدرت میدان مغناطیسی و بنابراین فاصله کانونی عدسی را می توان به دلخواه تغییر داد.

اگر چه در هر میکروسکوپ الکترونی چند عدسی وجود دارد که ممکن است اندازه و شکل آن ها متفاوت باشد، طرح اصلی آن ها همان است که در شکل نشان داده شده است. یک ویژگی مهم که معادلی برای آن در میکروسکوپ نوری وجود ندارد، حرکت مارپیچی الکترون ها در حین عبور از عدسی الکترومعناطیسی است. از آنجا مه الکترون ها به ندرت در انتهای عدسی، دقیقاً به موقعیت اولیه خود در هنگام ورود به عدسی بر می گردند (یعنی معمولا دورهای آن ها دقیقا کامل نمی شود)، معمولا این باعث می شود که تصویر بعد از عدسی بچرخد. این یک اعوجاج نیست چون تصویر فقط می چرخد اما یکی دو اثر، خصوصا در میکروسکوپ الکترونی عبوری دارد که باید به هنگام نگاه کردن به عکس های میکروسکوپی و الگوهای پراش (DPs) آن ها را در نظر داشت. طراحی ماهرانه و زیرکانه سیستم های الکترون- اپتیک در میکروسکوپ های جدید گاهی شامل استفاده از

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

ترتیب عدسی هایی است که چرخش تصویر را جبران می کند به صورتی که اثری از آن ظاهر نمی شود، اگرچه هنوز این اثر وجود دارد.

میدان الکترو مغناطیس برای تغییر مسیر تمام پرتو الکترون هم استفاده می شوند مثلا برای ایجاد حرکت روبش در الکترون های میکروسکوپ روبش. برای این کاربردها، میدان باید عمود بر پرتو الکترون باشد و میدان های بسیار کوچکتری برای ایجاد این انحراف کافی بوده و در نتیجه این کویل ها کاملا موچک هستند. اغلب میکروسکوپ ها یک دو جین یابیشتر از این کویل ها دارند و طوری طراحی شده اند که پرتو را در موقعیت بهینه در ستون میکروسکوپ قرار دهند.

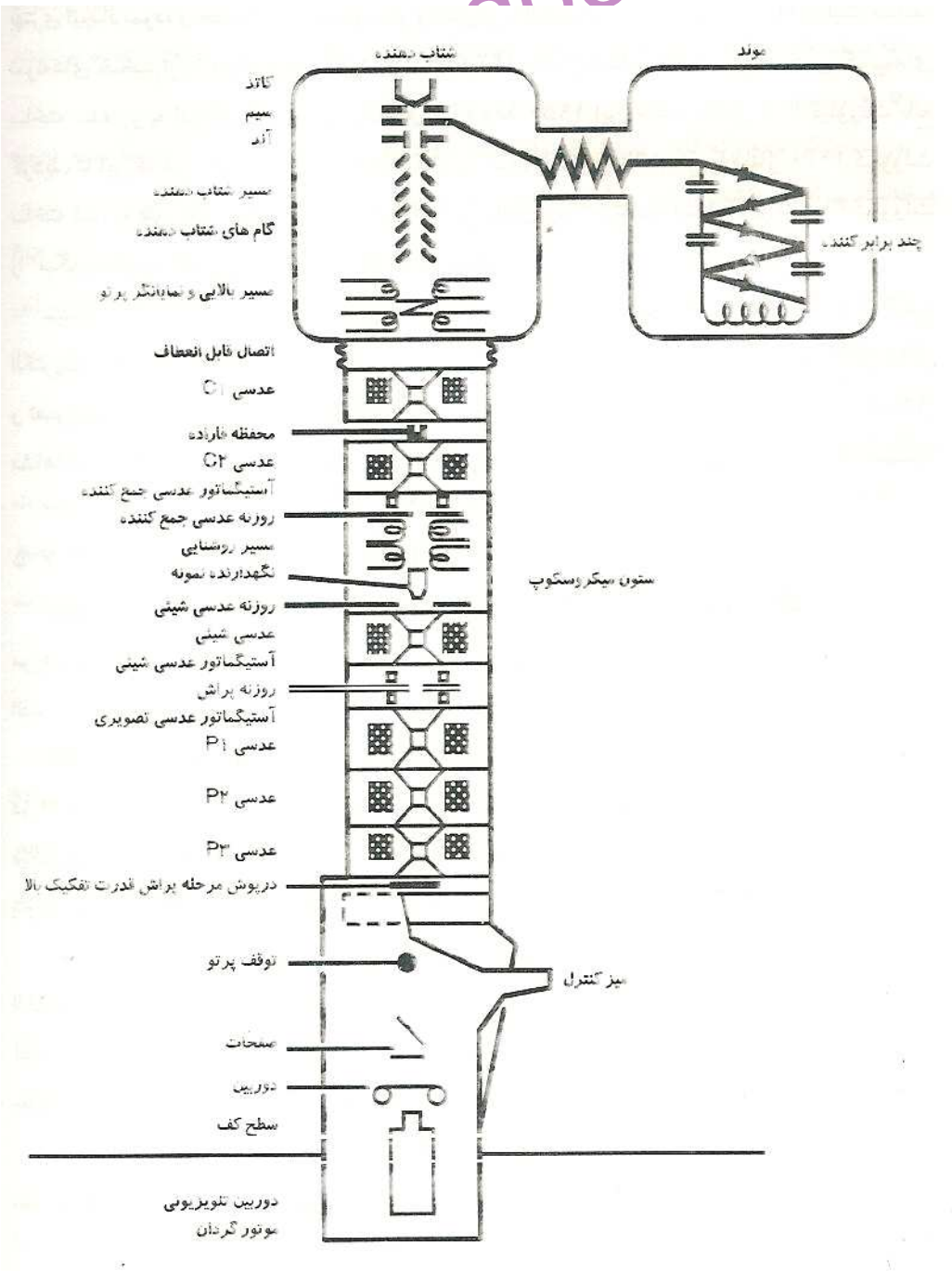
۳- لنزهای الکترو مغناطیس در دستگاه ولتاژ بالا

مسیر الکترونی ساطع شده از تفنگ الکترونی (ستون میکروسکوپ) در ولتاژهای بالا استوار بود و به سادگی در میدان مغناطیسی منحرف نمی شود. عدسی های مغناطیسی معمولی که قطب های آهنی نرم در آنها به کار رفته، در هسته خود دارای یک میدان مغناطیسی نزدیک به اشباع مغناطیسی آهن هستند بنابراین لازم است که در میکروسکوپ الکترونی ولتاژ بالا (مثلا ۱MV)، فاصلهٔ عدسی ها افزایش یابد. این مساله و نیز

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

لزوم حفاظت بیشتر از نظر انتشار اشعه ایکس، باعث می گردد که قطر ستون IIVEM از دستگاههای معمولی بیشتر. استوار بودن اشعه الکترونی در ولتاژ بالا باعث می شود، فاصله کانونی نیز افزایش یابد در نتیجه ارتفاع ستون IIVEM هم از میکروسکوپ های الکترونی معمولی بیشتر می شود. از طرف دیگر در IIVEM به دلیل بزرگتر بودن عدسی ها، به تجهیزات مکانیکی برای جابه جایی عدسی ها نیاز است. به طور کلی این بزرگتر بودن ابعاد ستون IIVEM امکاناتی از قبیل فراهم آمدن فضای بیشتر برای نمونه و به کار گیری تجهیزاتی در ارتباط با محیط آزمایش را در اختیار قرار می دهد.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید



طرح یک میکروسکوپ الکترونی ولتاژ بالا

۴- عدسی ها در TEM

به طور کلی در TEM از سه نوع عدسی اصلی استفاده به عمل آید:

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

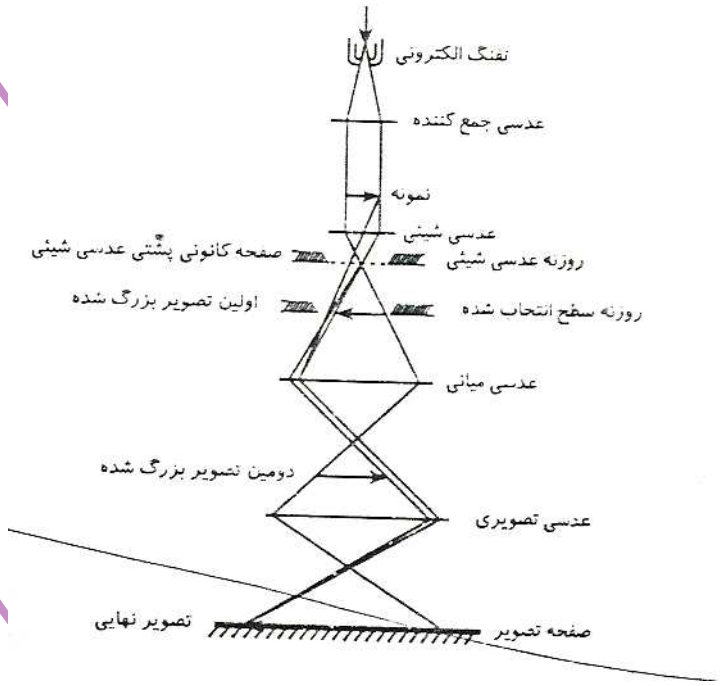
- عدسی جمع کننده
- عدسی شیئی
- عدسی تصویری

به خاطر محدودیت های موجود در طراحی، عدسی های میکروسکوپ TEM روزنه هایی به مراتب کوچکتر از روزنه های عدسی شیشه ای میکروسکوپ نوری دارند. حوزهٔ محدود شده توسط روزنه های قابل کنترل، ستون میکروسکوپ را تشکیل می دهد. یک عدسی شیئی مغناطیسی نمونه با فاصله کانونی ۲/۵mm (۲۵۰ μ) و روزنه شیئی ۵۰ μ دارای نسیم زاویل پذیرش (Acceptance Half-Angle) در حدود ۵×۱۰^{-۳} رادیان است، در حالیکه نیم زاویهٔ پذیرش برای یک عدسی شیئی نوری خوب حدود $\frac{\pi}{3}$ رادیان (۶۰^{o}) می باشد. بازده کم عدسی الکترونی تا حدی توسط عمق نفوذ بیشتر حوزه آن و عمق تمرکز بالا جبران می شود.

اکثر میکروسکوپهای TEM پیشرفته دارای ٤ تا ٦ عدسی می باشند. عدسی جمع کنند، پرتوی الکترونی را روی نمونه متمرکز می نماید. عدسی شیئی اولین تصویر بزرگ شده را ایجاد می کند. این تصویر

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

مجددا توسط عدسی تصویری بزرگ شده و تصویر نهایی را که معمولا قابل رویت است روی صفحه فلورسنت تشکیل می دهد. برای ثبت تصویر، صفحه فلورسنت برداشته شد، و به جای آن یک صفحه فتو گرافیک یا فیلم قرار داده می شود.



مسیر حرکت پرتوهای الکترونی در TEM

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه نمایید یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۰۳۵۲۲۸۸۶ تماس حاصل نمایید

منابع و مآخذ

۱- کتاب ابزار شناسی ساختار مواد مولفان یوسف خرازی و امیرشیخ غفور دانشگاه علم و صنعت

۲- کتاب روشهای نوین آنالیز مواد انتشارات شرکت ملی نفت

۳- جزوه دوره لیسانس روشهای نوین آنالیز مواد

٤- مقاله های برداشته شده از اینترنت پیوست شده