شاخص‌های تصویر در میکروسکوپ‌ها:

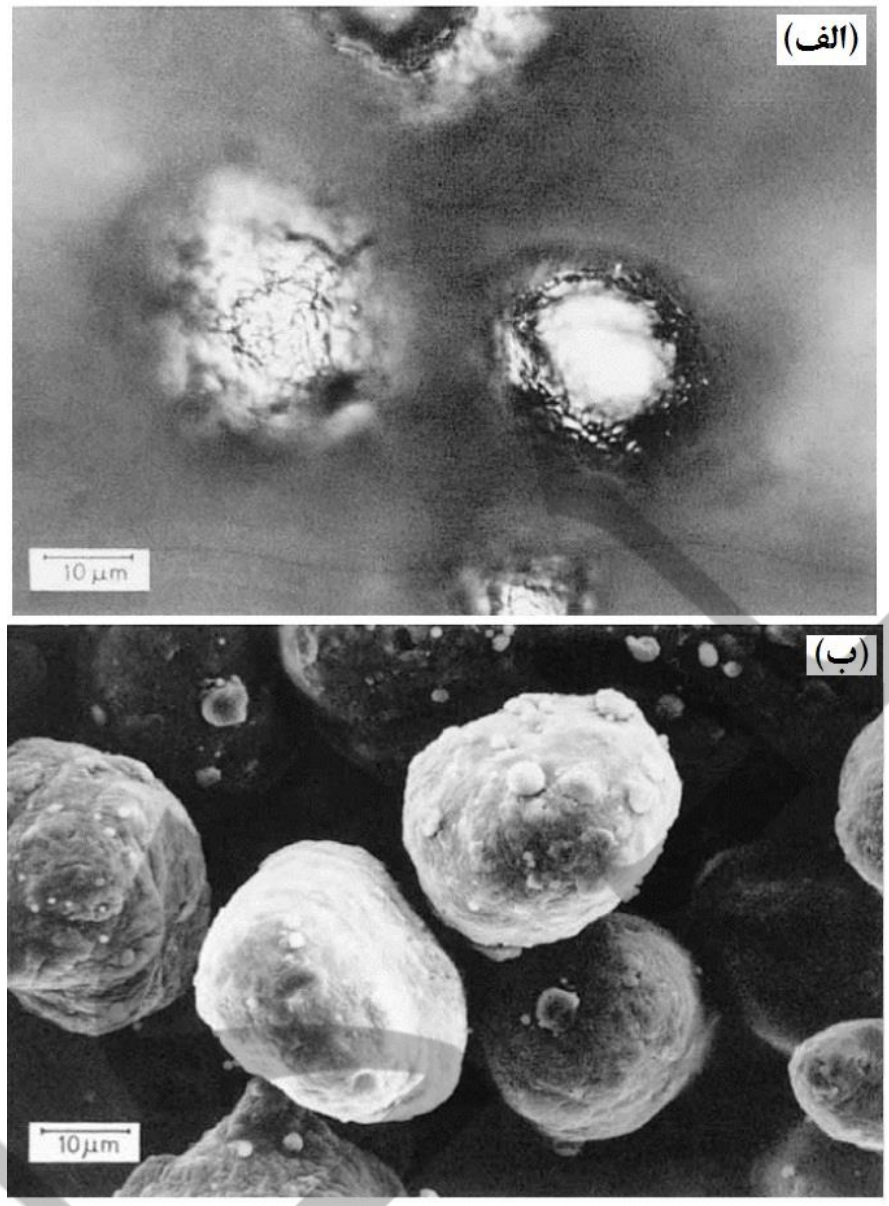
۱- عمق میدان (Depth of field)

عمق میدان فاصله‌ای است که می توان جسم را درون آن جابجا کرد، بدون آنکه چشم، تغییری در کیفیت تصویر آن تشخیص دهد و بتوان به طور همزمان تصویر واضحی از آن تهیه نمود.

توضیحات تکمیلی: عمق میدان فاصله ایست که اگر جسم درون آن جابه جا شود، چشم تغییری در کیفیت تصویر آن تشخیص ندهد، یعنی منطقه‌ای بر روی نمونه است که بطور متمرکز ظاهر می‌شود، عمق میدانی که توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داده می‌شود به دلیل زاویه واگرایی کوچک بدست آمده می‌باشد.

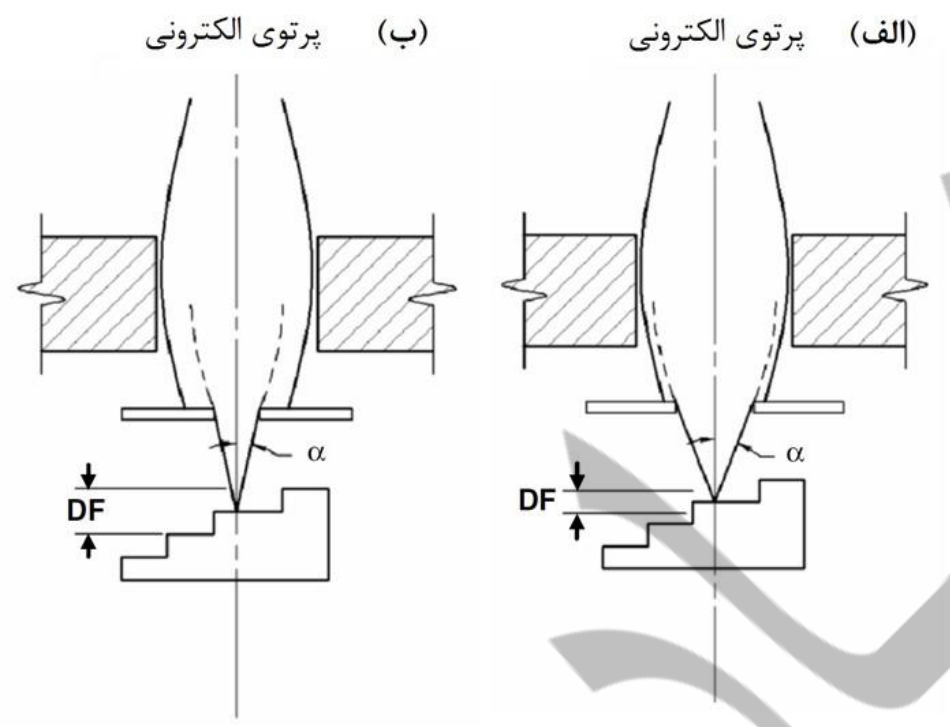
عمق میدان در SEMها، در بزرگنمایی‌های کمتر، بسیار بیشتر است. به طور مثال، عمق میدان در بزرگنمایی‌های زیر ۲۰، حدود ۲ میلیمتر است. بعلاوه، در یک بزرگنمایی ثابت، عمق میدان یک SEM بیش از ۱۰۰ برابر عمق میدان میکروسکوپ نوری است. شکل ۱ به خوبی اثر عمق میدان بالای یک SEM را در تهیه تصویر نشان می دهد. جهت افزایش عمق میدان می توان از دو روش استفاده نمود: (۱) کاهش اندازه ی روزنه‌ی نهایی با استفاده از روزنه‌های ریزتر (شکل ۲) و (۲) افزایش فاصله سطح نمونه با لنز نهایی که منجر به کاهش زاویه تصویرسازی می‌گردد (شکل ۳).

tamadkala.com

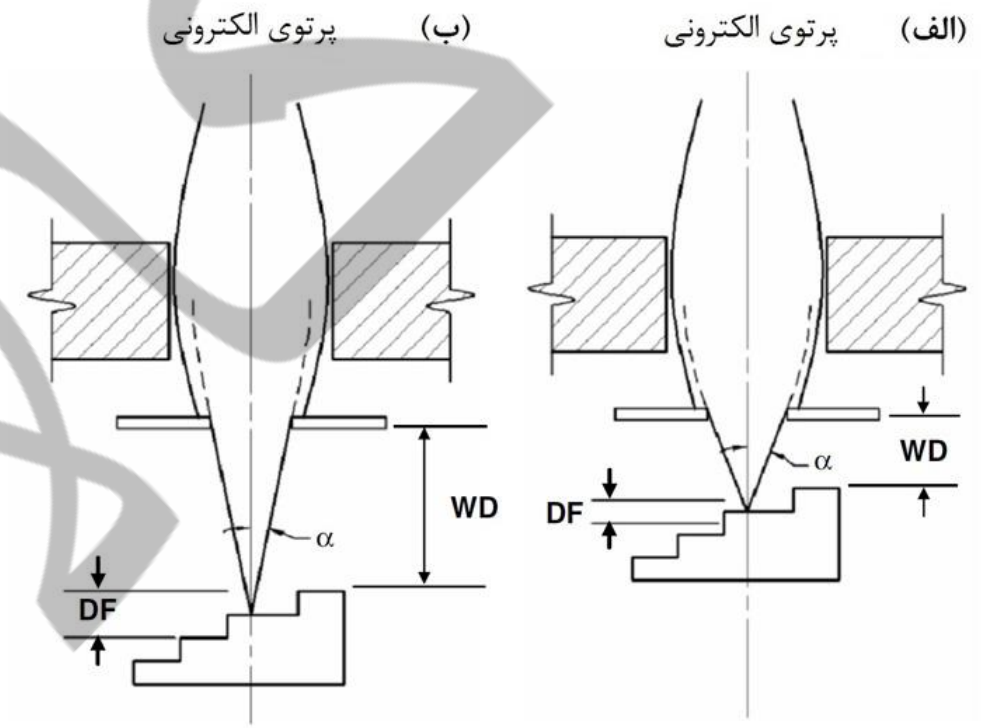


شکل ۱–اثر عمق میدان در تهیه ی تصاویر در (الف) میکروسکوپ نوری و (ب) SEM ، ملاحظه می‌شود که در SEM به دلیل عمق میدان بالاتر به تصاویر بسیار بهتری می توان دست یافت. ذرات از جنس آلیاژ آلومینیوم هستند که به روش انجماد سریع تولید شده اند.

tamadkala.com



شکل ۲–اثر اندازه‌ی روزنه‌ی نهایی بر عمق میدان: روزنه‌ی کوچکتر (ب) عمق میدان بیشتری را نسبت به روزنه‌ی بزرگتر (الف) فراهم می‌کند.



tamadkala.com

شکل ۳–اثر فاصله ی سطح نمونه با لنز نهایی بر عمق میدان: فاصله ی کاری کمتر (الف) عمق میدان کمتری را نسبت به فاصله ی کاری بزرگتر (ب) فراهم می کند .

۱-۲ قدرت تفکیک (Resolution)

طبق تعریف، قدرت تفکیک عبارت است از حداقل فاصله‌ی دو نقطه غیر مشابه (با خصوصیت تصویری متفاوت (Separate Features)) از نمونه که به صورت دو نقطه متفاوت (قابل تشخیص) بر روی تصویر دیده می‌شود. قدرت تفکیک درمیکروسکوپ‌ها با رابطه‌ی زیر بیان می‌شود:

$$r = \frac{0.61\lambda}{\mu \sin\alpha}$$

که در آن λ طول موج پرتوی تصویرساز، μ ضریب شکست محیط تصویر و α زاویه‌ی تصویرسازی می‌باشد. به کمک این رابطه به خوبی می توان قدرت تفکیک میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی را مقایسه نمود. زاویه تصویرگیری در میکروسکوپ‌های الکترونی بسیار کمتر از میکروسکوپ‌های نوری است و از همه مهم‌تر طول موج پرتوهای الکترونی بسیار کمتر از پرتوهای نور مرئی می‌باشد (طول موج فوتون‌های نور مرئی ۳۹۰ تا ۷۵۰ نانومتر و طول موج رایج در میکروسکوپ‌های الکترونی کمتر از ۰,۰۶ نانومتر است. این مقدار با افزایش ولتاژ شتاب‌دهنده‌ی میکروسکوپ الکترونی کاهش پیدا می کند.). با توجه به اثر بسیار بزرگ تفاوت طول موج پرتوهای نوری و الکترونی، اثر تغییرات ضریب شکست ناچیز خواهد بود. بنابراین قدرت تفکیک میکروسکوپ الکترونی بسیار بهتر از میکروسکوپ نوری است. لازم به ذکر است که قدرت تفکیک همواره از قطر پرتوی الکترونی ورودی بزرگتر می‌باشد. الکترون‌های ثانویه دارای حد تفکیک بسیار بالایی هستند که علت این ویژگی این است که فضایی که الکترون‌های ثانویه از آن خارج می‌شوند، تقریبا برابر قطر پرتوی الکترونی اولیه است. به علت حد تفکیک کوچکتر الکترون‌های ثانویه، در بزرگنمایی‌های بسیار بالا تنها از تصاویر الکترون‌های ثانویه استفاده می‌شود.

۱-۳ بزرگنمایی (Magnification)

در میکروسکوپ‌های نوری، لنزها در مسیر پرتوهای عبور یافته یا منعکس شده از سطح نمونه قرار گرفته و با تغییر زاویه‌ی حرکت پرتو و به دنبال آن تغییر محل تقاطع پرتوها، منجر به بزرگنمایی می‌شوند. این موضوع در مورد لنز شیئ در میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نیز صادق است. اما در SEM اینطور نیست. نکته‌ی بسیار مهم و جالب در رابطه با مکانیزم بزرگنمایی در SEM ، این است که لنزها تنها مشخصات پرتوی الکترونی اولیه را تنظیم می‌کنند و بر مشخصات پرتوهای ساطع شده از نمونه تأثیری ندارند. از اینرو می توان گفت که لنزها در بزرگنمایی تصاویر SEM تأثیر مستقیمی ندارند. با این وجود باید به خاطر داشت که قطر و سایر مشخصات پرتوهای ساطع

tamadkala.com

شده از نمونه متأثر از پرتوی الکترونی اولیه است که توسط لنزهای تعبیه شده در ستون اپتیکی آماده سازی شده است.

مکانیزم بزرگنمایی در میکروسکوپ الکترونی، در واقع نتیجه‌ی یک نسبت هندسی بوده و بر اساس رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$M = \frac{L_{CRT-Raster}}{L_{Sample-Raster}}$$

که در آن، بزرگنمایی عبارت است از نسبت طول خط تصویری CRT به طول خط تصویری روی نمونه (یا نسبت ضلع مربع تحت اثر پرتو (روی نمونه) به ضلع مربع CRT). با توجه به ثابت بودن مشخصات CRT به عنوان یک عامل سخت افزاری، با کاهش اندازه‌ی مربع تحت اثر پرتو (که به آن قاب تصویر (Frame Store) می‌گویند)، می‌توان بزرگنمایی را افزایش داد. بنابراین بزرگنمایی در SEM به وسیله‌ی جریان سیم پیچ‌های روبش x و y مشخص می‌شود. به عنوان مثال اگر پرتوی الکترونی، سطحی به اندازه‌ی ۱۰ در ۱۰ میکرومتر مربع را روی نمونه روبش کند و تصویر رویCRT ، ۱۰۰ در ۱۰۰ میلیمتر مربع باشد، بزرگنمایی خطی ۱۰ هزار برابر خواهد بود. حال اگر بخواهیم بزرگنمایی خطی را به ۱۰۰ هزار برابر برسانیم، با توجه به ثابت بودن سخت افزاری ابعادCRT ، باید سطح روبش شده توسط پرتوی الکترونی را به مربعی با اضلاعی به اندازه ی ۰,۱ میکرومتر کاهش دهیم. ممکن است به جای بزرگنمایی خطی از بزرگنمایی سطح و به جای استفاده از نسبت طول‌ها از نسبت مساحت‌ها استفاده شود.

tamadkala.com