

نانولیتوگرافی و شبیه سازی آن

۱- هدف

آشنایی با نانو لیتوگرافی و انجام آزمایشی ساده برای درک بهتر موضوع

۲- مقدمه

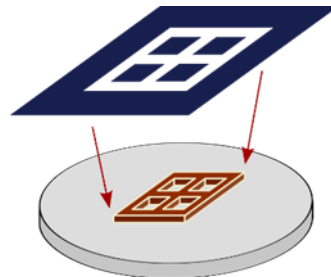
آیا تا به حال با خود اندیشیده‌اید که چگونه با پیشرفت تکنولوژی، اندازه و ابعاد وسایل الکترونیکی نظیر موبایل و لپ‌تاپ کوچک شده است؟ پاسخ این است که دانشمندان برای کاهش اندازه قطعات الکترونیکی، بایستی ابعاد تراشه‌های موجود در این قطعات را کوچک کنند. آنها حتی قادرند به کمک روش "لیتوگرافی" مدارهایی در حد و ابعاد نانو بسازند! یا به بیان دقیق‌تر به کمک روش "نانولیتوگرافی".

"لیتوگرافی" در لغت به معنای "حکاکی بر روی سنگ" است. "نانولیتوگرافی" چیست؟ نانولیتوگرافی به زبان ساده یعنی حکاکی کردن و ایجاد طرح دلخواه در ابعاد نانومتری بر روی یک سطح دلخواه که به آن "زیرلایه" گفته می‌شود. با استفاده از این روش می‌توان الگوها یا طرح‌های مورد نظر را روی سطح زیرلایه، ایجاد کرد. لیتوگرافی انواع مختلفی دارد که یکی از آنها استفاده از یک "ماسک نوری" برای تولید تراشه‌های نانویی می‌باشد (شکل ۱). به این روش "لیتوگرافی نوری" گفته می‌شود. در شکل ۲ شماتیک ساده‌ای از لیتوگرافی نوری را مشاهده می‌کنید. قابل ذکر است که لیتوگرافی نوری پرکاربردترین نوع لیتوگرافی در صنعت است؛ به طوری که می‌توان گفت تمامی محصولات الکترونیکی که به صورت تجاری در حال تولید هستند، با استفاده از این نوع لیتوگرافی تولید می‌شوند.

۳- تئوری آزمایش

قبل از توضیح روش نانولیتوگرافی نوری باید به توضیح چند اصطلاح بپردازیم:

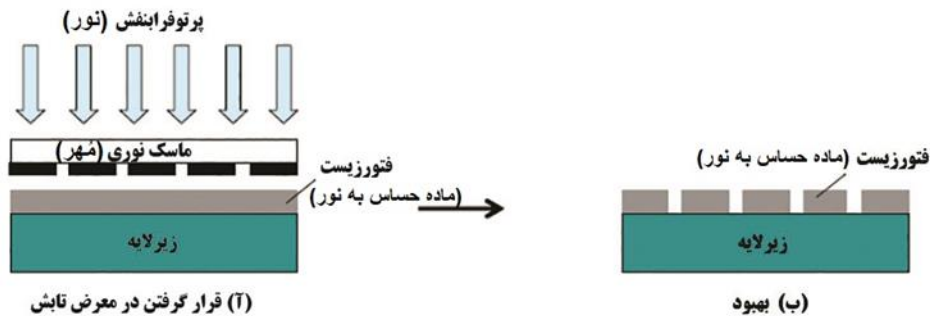
- نور فرابنفش: قسمتی از طیف امواج الکترومغناطیسی با طول موج بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر است.
- زیرلایه: سطحی صاف و صیقلی که طرح‌ها و اجزای مختلف با استفاده از فرآیند لیتوگرافی بر روی آن ایجاد می‌شوند.
- فتورزیست (یا ماده مقاوم): ماده‌ای که نسبت به نور حساس است و با برخورد نور به آن، در آن فعل و انفعالات شیمیایی رخ می‌دهد. فتورزیست‌ها به دو دسته "مثبت" و "منفی" تقسیم‌بندی می‌شوند.
- ماسک نوری: ماسکی که بر روی آن طرح مورد نظر ایجاد شده است. این ماسک به گونه‌ای ساخته شده است که در قسمت‌هایی شفاف و در قسمت‌هایی غیرشفاف است. یعنی در قسمت‌هایی نور را از خود عبور می‌دهد و در قسمت‌هایی مانع از عبور نور می‌شود.
- محلول ظاهرکننده^۱: محلولی شیمیایی که زیرلایه پس از قرار گرفتن در معرض تابش، در آن شستشو داده می‌شود.
- اچ کردن^۲: فرآیند اچ کردن یا اسیدشویی به معنای ایجاد خوردگی کنترل شده بر روی سطح است.



شکل ۱: شمایی از یک ماسک نوری

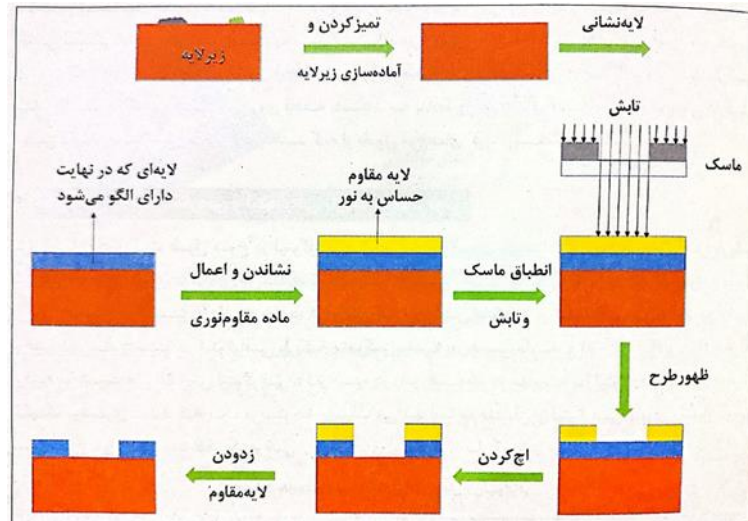
¹ developer

² etching

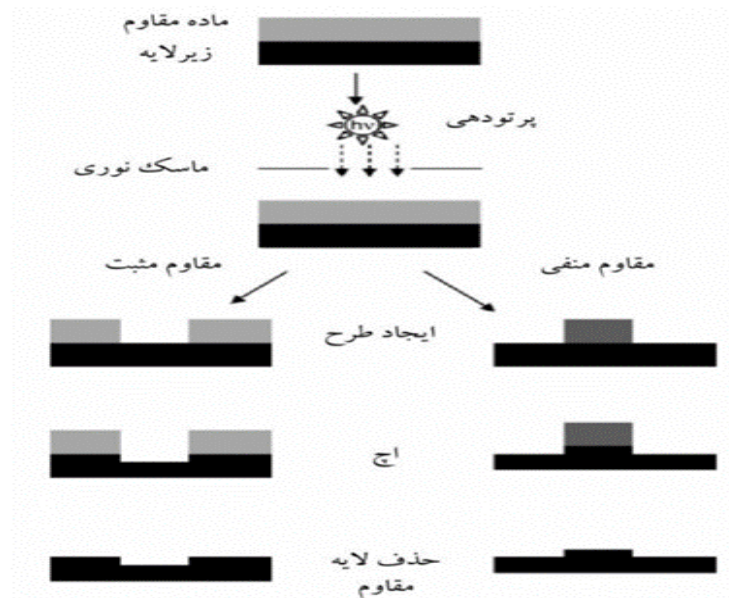


شکل ۲: شمایی از روش لیتوگرافی نوری

در شکل (۳) شمایی از فرآیند کلی "نانولیتوگرافی" به صورت ساده نشان داده شده است. در این روش، ابتدا سطح زیرلایه به منظور حذف هرگونه آلودگی شستشو داده شده و سپس با یک ماده فتورزیست (ماده مقاوم) پوشش داده می‌شود. در ادامه به سطح، پرتوهای فرابنفش تابانده می‌شود، اما یک ماسک نوری که حاوی طرح مورد نظر می‌باشد، در جلوی سطح قرار داده می‌شود. نور از قسمتهایی از ماسک که شفاف است عبور کرده و به سطح فتورزیست برخورد می‌کند (از قسمتهای غیرشفاف عبور نمی‌کند). در قسمتهایی از فتورزیست که در معرض تابش نور فرابنفش قرار گرفته‌اند، فعل و انفعالات شیمیایی رخ می‌دهد. اگر فتورزیست "مثبت" باشد، در اثر تابش نور فرابنفش، انحلال پذیری آن زیاد و اگر "منفی" باشد، انحلال پذیری آن در محلول ظاهرکننده، کم می‌شود (شکل ۴). سپس زیرلایه را در درون محلول ظاهرکننده قرار داده تا با انحلال فتورزیست، طرح مورد نظر بر روی آن ایجاد شود. در مرحله نهایی بخشهایی از سطح زیرلایه که ماده مقاوم از آنها محافظت نمی‌کند، حذف می‌شوند. به این کار اصطلاحاً "اچ کردن" گفته می‌شود.



شکل ۳: شمایی دیگر از روش لیتوگرافی نوری



شکل ۴: تفاوت طرح نهایی ایجاد شده با ماده فتورزیست مثبت و منفی. همان طور که مشاهده می شود در حالتی که فتورزیست مثبت باشد، در مرحله "ایجاد طرح"، قسمت هایی از فتورزیست که در معرض تابش نور فرابنفش قرار گرفته اند، از بین می رود و در حالتی که فتورزیست منفی باشد، قسمت هایی که در معرض فرابنفش قرار گرفته اند، باقی مانده و باقی قسمت های فتورزیست از بین می روند.

۴- روش کار آزمایش

برای درک بهتر روش لیتوگرافی نوری، آزمایش زیر را با کمک مربی یا والدین خود انجام دهید. دانش آموزان عزیز توجه داشته باشید این آزمایش یک شبیه سازی برای درک بیشتر لیتوگرافی است. به طور مثال: فندک آتش زایا به منزله نورتابیده شده، مارشمالو به عنوان زیرلایه و فویل آلومینیومی مشابه ماسک نوری عمل می کند. و در این آزمایش مرحله اچ کردن و حذف لایه محافظ به کار برده نمی شود. در نهایت انتظار می رود دانش آموزان با نانولیتوگرافی بر روی تراشه ها و کاربرد گسترده آن در صنعت آشنا شوند.



شکل ۵: اشکال مختلف لیتوگرافی

۴-۱- مواد و ابزار موردنیاز

- مارشمالو (با هر طعم یا رنگی)
- فویل آلومینیومی
- قیچی یا تیغ کاتر
- انبر
- سشوار یا فندک آتشزا یا رنگ غذا

نکته مهم: آزمایش زیر رو حتما به کمک مربی یا والدین انجام دهید.

۴-۲- روش انجام آزمایش

۱. یه شب قبل انجام آزمایش، مارشمالوها را در هوای آزاد بگذارید تا کمی خشک شوند.
۲. فویل آلومینیومی رو حداقل ۶ بار تا بزنید تا ضخامتش زیاد شود. دقت کنید فویل نهایی به اندازه کافی پهن باشد که تمام سطح مارشمالو رو بپوشاند.
۳. به کمک یک قیچی یا چاقوی فشرده سازی (X-acto) شکل دلخواه خودتان (همان شکلی که می خواهید نهایتا روی مارشمالو ایجاد بشود) را روی فویل آلومینیومی ایجاد کنید (مثلا مشابه شکل زیر).



شکل ۶: طرح روی فویل

۴. مارشمالو را روی یه سطح که نسبت به حرارت مقاوم است قرار دهید و بعد روی آن را با فویلی که در مرحله ۳ آماده شده بپوشانید.
۵. به کمک انبر، فویل آلومینیومی را که دورتادور مارشمالو پیچیده‌اید، نگه داشته و بعد سشوار یا فندک آتش‌زا را روشن کنید و با فاصله حداقل ۱۰ سانتی‌متر از مارشمالو نگه دارید (در صورت نیاز فاصله گفته شده را کمتر یا بیشتر کنید).
۶. حرارت دادن را تا زمانی که شکل مورد نظر روی مارشمالو ایجاد شود ادامه دهید (توجه کنید که حرارت زیاد موجب ذوب مارشمالو می‌شود).
۷. می‌توانید در مراحل بالا به جای استفاده از سشوار یا فندک آتش‌زا، از رنگ غذا استفاده کنید.



شکل ۷: طرح ایجاد شده روی مارشمالو (عکس سمت راست) به کمک فندک آتش‌زا (عکس سمت چپ)

طراح: سیده صباح حسینی