# نقش مقاومهای پلیمری در میکرولیتوگرافی

**Polymer Resists in Microlithography**

سعید پورمهدیان ،فرامرز افشار طارمی
مرکز تحقیقات پلیمر ،دانشگاه صنعتی امیرکبیر

چکیده
دنیا در سالهای اخیر شاهد جهش بزرگی در زمینه علوم و تکنولوژی به ویژه در صنعت الکترونیک بوده است.پیشرفت عمده‌ای که در این صنعت از پیدایش ترانزیستور آغاز شد ،با پیدایش مدارهای مجتمع (IC) سرعت گرفت.در ساخت مدارهای مجتمع ،مواد نقش عمده‌ای دارند.در میان مواد اولیه متفاوتی که در این صنعت مصرف می‌شوند ،پلیمرها جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌اند.پلیمرها در بخشهای مختلف صنعت الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرند و هرروز سهم آنها فزونی می‌گیرد.

میکرولیتوگرافی یکی از بخشهای عمده‌ای است که پلیمرها در آن نقش مهمی را برعهده دارند.در میکرولیتوگرافی الگوی مدار چاپی توسط دستگاههای پرتودهی مدرن روی پایه IC نقش می‌بندد.هرچه پلیمرهای حساستری به کار برده شود ،می‌توان با تکنیک پیشرفته‌تری اندازه الگوی مدار را روی پایه کوچکتر کرد و حجم IC را تا حد امکان کاهش داد.

در این مقاله ضمن معرفی تکنولوژی میکرولیتوگرافی ،جایگاه مقاومهای پلیمری در پیشرفت آن و انتخاب نوع تکنولوژی بررسی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: میکرولیتوگرافی ،مقاوم پلیمری ،وضوح ،حساسیت ،تمایز جلوه

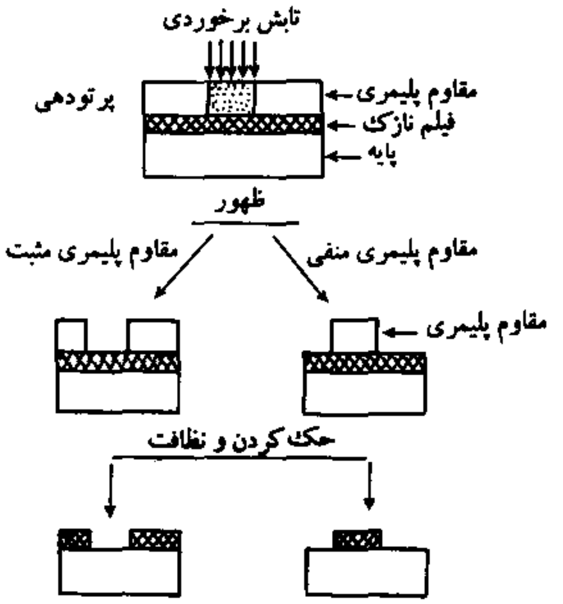
**Key Words: microlithography, polymer resist, resolution, sensitivity, contrast**

## مقدمه

با توجه به گسترش میکروالکترونیک ،لیتوگرافی نقش مهمی را در این صنعت ایفا می‌کند.این روش در طول چهل سال پیدایش خود به سرعت پیشرفت کرده است.میکرولیتوگرافی این پیشرفت را مدیون مواد حساس به پرتو یا مقاومهای پلیمری است که از آنها جهت تهیه الگوی مدار استفاده می‌شود.با آنکه در این روش از لیتوگرافی نوری یا UV نزدیک برای پرتودهی استفاده می‌شود ،با تکامل آن لیتوگرافی UV متوسط و دور ، باریکه الکترون ،پرتو ایکس و باریکه یون نیز به کار گرفته شدند.ولی هنوز میکرولیتوگرافی نوری ،صنعت میکروالکترونیک را در قبضه خود دارد.

## میکرولیتوگرافی

اساس این روش برپایه تخریب ساختار فیلمهای پلیمری ویژه حساس به پرتو است که مقاومهای پلیمری نامیده می‌شوند.در این روش با استفاده از مقاومهای پلیمری الگوی طرح مدار را روی یک صفحه شیشه‌ای یا "ماسک" که با ماده‌ای مات ،معمولا کروم ،پوشیده شده است به وجود می‌آورند.آن گاه ،با استفاده از این ماسک محلهای انتخابی روی مقاومهای پلیمری زیر تابش قرار می‌گیرد (شکل ۱).با توجه به نوع مقاوم پلیمری ،تصویر برجسته مثبت یا منفی ماسک اولیه روی پایه به وجود می‌آید.این تصویر با جدا شدن مقاوم پلیمری توسط یک حک کننده پلاسما یا مرطوب ،تثبیت می‌شود.




شکل ۱ - اصول لیتوگرافی در مقاومهای پلیمری مثبت و منفی [۱]

پرتودهی به روشهای گوناگونی انجام می‌گیرد ،این روشها به ترتیب اهمیت عبارت‌اند از: لیتوگرافی نوری ،لیتوگرافی UV متوسط ، لیتوگرافی باریکه الکترون ،لیتوگرافی پرتو ایکس و لیتوگرافی باریکه یون.

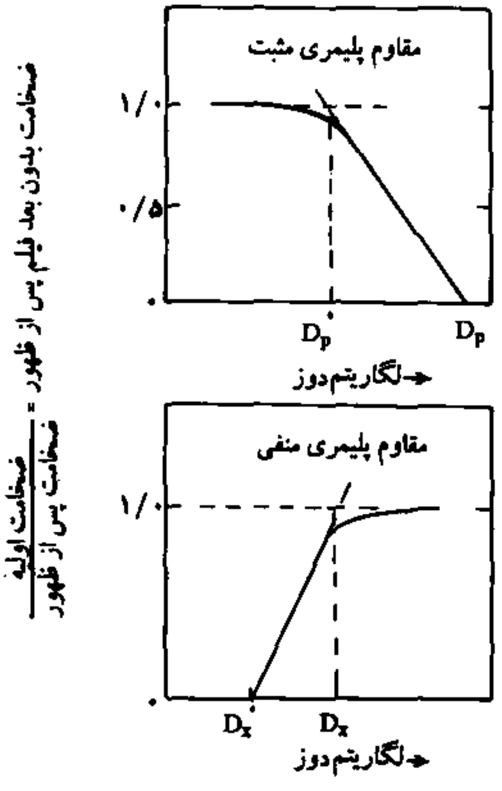
لیتوگرافی نوری که عمده‌ترین تکنیک پرتودهی صنعتی در این زمینه است خود به سه روش چاپ تماسی ،مجاور و تصویری انجام می‌گیرد و چاپ تصویری برای تهیه طرح مدارهای با مقیاس بسیار کوچک متداولتر است.در لیتوگرافی نوری برای پرتودهی از UV در ناحیه ۳۶۰ تا ۴۰۰nm استفاده می‌شود.لیتوگرافی UV متوسط نیز بسیار شبیه به لیتوگرافی نوری است ،با این فرق که حساسیت مقاومهای پلیمری مصرفی متفاوت است و UV در ناحیه ۳۱۵ تا ۳۵۰nm استفاده می‌شود.در لیتوگرافی باریکه الکترون ،به جای UV از باریکه الکترون جهت پرتودهی بهره‌برداری می‌شود و به همین دلیل نیازی به کاربرد ماسک برای چاپ الگوی مدار وجود ندارد.در لیتوگرافی پرتوایکس و باریکه یون نیز فقط منابع پرتودهی متفاوت است.این دو روش هنوز مراحل تحقیقاتی خود را طی می‌کنند.

**شرایط انتخاب مقاوم پلیمری و چگونگی تعیین مشخصات آن**

امروزه بسیاری از مسائل سخت افزاری پرتودهی با توجه به مشخصات مقاومهای پلیمری تنظیم می‌شوند.پرتودهی تنها مرحله‌ای نیست که در آن استحکام مقاوم پلیمری نقش تعیین کننده پیدا می‌کند.در تمام مراحل موجود در فرایند لیتوگرافی حداقل این کارایی مورد نیاز است.فرمولبندی مقاوم پلیمری باید به گونه‌ای باشد که با تغییر آن دستیابی به استحکام مورد نیاز ممکن شود.شرایط ایده‌آل یک مقاوم پلیمری عبارت است از: حساسیت قابل توجه ،تمایز جلوه بالا ،وضوح زیاد ،پایداری گرمایی ، مقاومت در برابر مواد شیمیایی و پلاسما ،چسبندگی خوب ،طول عمر زیاد، خلوص بالا و هزینه پایین.

برای تعیین مشخصات یک مقاوم پلیمری ،چند معیار اصلی مورد توجه قرار می‌گیرد.این معیارها شامل حساسیت ،تمایز جلوه ،وضوح و مقاومت در برابر حکاکی است.

شکل ۲ منحنی انحلال (dissolution curve) مشخصه مقاوم پلیمری را در ماده ظهور نشان می‌دهد.از منحنیهای انحلال می‌توان ضخامت نسبی فیلم باقیمانده (ضخامت پس از ظهور به ضخامت اولیه) را به صورت تابعی از کل دوز تابش (cumulative dosage) در هر محلول ظهور (developer) و برای هر زمان تابش به دست آورد.حداقل دوز مورد نیاز ،اغلب به عنوان حساسیت مقاوم پلیمری شناخته می‌شود.حساسیت برای مقاوم پلیمری مثبت ،مقدار دوزی است که در آن فیلم پلیمر در ماده ظهور حل می‌شود و برای مقاوم پلیمری منفی ،مقدار




شکل ۲ - منحنی انحلال مقاومهای پلیمری مثبت و منفی [۲]

دوزی است که فیلم پلیمر در ماده ظهور کاملا دستنخورده باقی می‌ماند.در عمل ،چون در مقاومهای پلیمری منفی همیشه اندکی از فیلم ساییده می‌شود ،نقطه‌ای که در آن ۷۰٪ ضخامت اولیه باقی مانده است به عنوان حساسیت مقاوم منفی شناخته می‌شود.

برای یک مقاوم پلیمری ،تمایز جلوه به صورت سرعت انتقال از باقی ماندن کامل تا انحلال کامل تعریف می‌شود و مقدار آن از قسمت خطی منحنی انحلال به دست می آید.

مقاوم پلیمری مثبت $\gamma = [\log \frac{D_p}{D_p} ]^{-1}$

مقاوم پلیمری منفی $\gamma = [\log \frac{D_x'}{D_x} ]^{-1}$

$D_p'$ و $D_x'$ به ترتیب حداقل دوز یا حساسیت مقاوم پلیمری مثبت و منفی است.$D_p$ و $D_x$ به ترتیب دوز مکمل برای مقاوم مثبت و منفی ،یعنی دوز لازم برای تخریب پلیمر در مقاوم پلیمری مثبت و برای شبکه‌ای شدن تمام پلیمر در مقاوم پلیمری منفی است.

وضوح به توانایی آشکارسازی کامل کوچکترین طرح در الگوی چاپ شده نهایی گفته می‌شود. گرچه این خاصیت به شیمی سیستم مقاوم پلیمری و ماده ظاهر کننده وابسته است ،ولی در این میان تجهیزات و شرایط فرایند نیز اهمیت دارند.مثلا تغییر شکل سخت افزار پرتودهی می تواند وضوح را کاهش دهد.تغییر شکل مقاوم پلیمری به هنگام جریان یافتن یا متورم شدن می‌تواند وضوح را کم کند.

## مقاومهای پلیمری

موادی که در مقاومهای پلیمری آی سی مورد استفاده قرار می‌گیرند ،باید خواص مشخصی داشته باشند که نوع کاربرد در لیتوگرافی تعیین کننده آن است.در این بخش مقاومهای پلیمری که به طور متداول در فرایندهای لیتوگرافی نیمه رساناها کاربرد دارند بررسی می‌شوند.

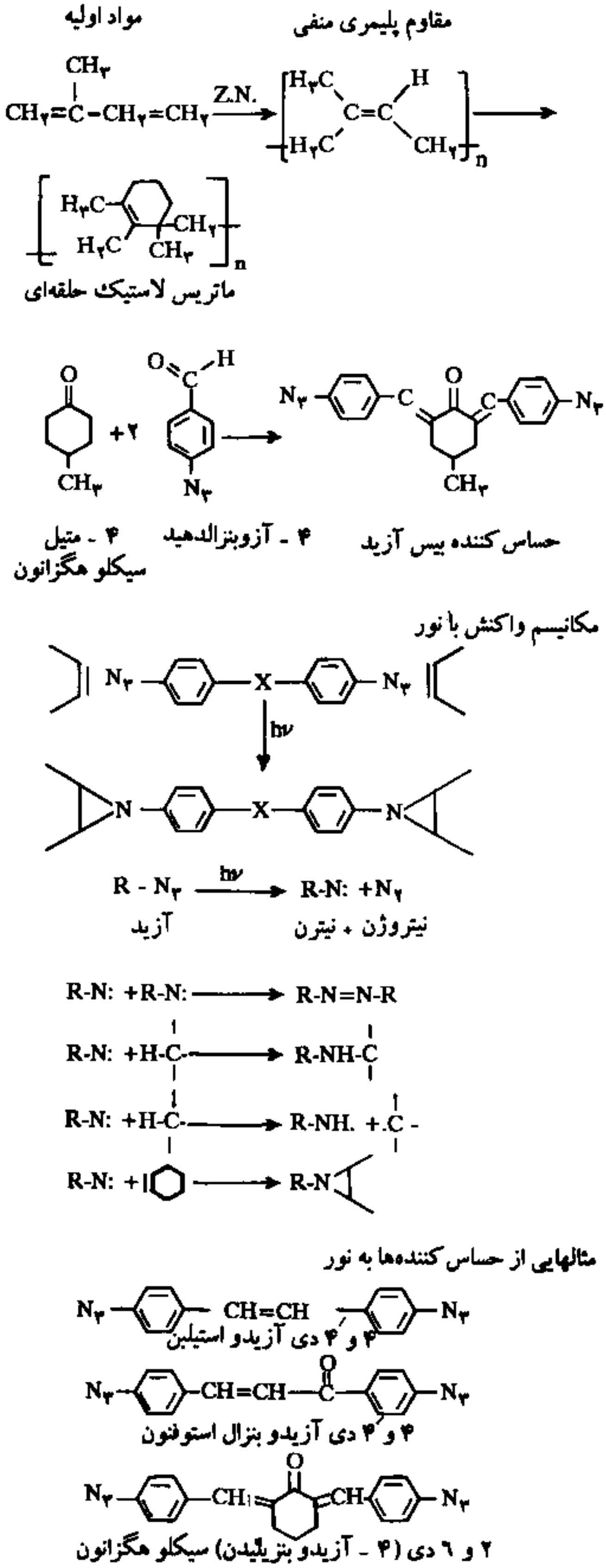
### الف - نور مقاومهای پلیمری

معمولا پرتوهای با طول موج بیش از ۳۰۰nm را پلیمرها جذب نمی‌کنند و برای تشکیل مقاومهای پلیمری مثبت و منفی مشارکت رنگسازها (chromophores) یا حساس کننده‌ها (sensitizers) لازم است.برعکس ، فوتونهای با طول موج کوتاهتر از ۳۰۰nm انرژی لازم برای شکستن پیوند یگانه را دارند و موجب شکست زنجیر یا شبکه‌ای شدن آن می‌شوند.بنابراین ،تمام نور مقاومهای پلیمری متداول ،چه سیستمهای تک عضوی که با رنگسازها در ساختار زنجیر پلیمر وارد می‌شوند و چه سیستمهای چند جزئی ،دارای رزین پلیمری و یک حساس کننده می‌باشند.

مقاومهای پلیمری را می‌توان برحسب تعداد اجزایی که آنها را عامل دار می‌کند ،دسته بندی کرد.سیستمهای یک جزئی ،دارای مشخصات حساسیت تابش ،مقاومت در برابر حکاکی و خواص پوشش دهی هستند که در یک ساختار پلیمری مستقر شده‌اند.در سیستمهای دو جزئی ،حساسیت به تابش خاصیتی است که در ماده حساس کننده وجود دارد.در حالی که رزین ماتریس که به تنهایی هیچگونه حساسیتی به تابش ندارد ،خواص پوشش دهی و حکاکی را به سیستم می‌بخشد.قطبیت تصویر (image polarity) و شیمی این نوع نور مقاومها که به صورت مثبت یا منفی عمل می‌کنند ،در مقابل پرتو نور با یکدیگر فرق می‌کند.تهیه کنندگان اصلی این محصولات در امریکا عبارتند از: محصولات مقاوم پلیمری نوری AZ ،ایستمن کداک (Eastman Kodak) ،هانت کمیکال (Hunt Chemical) ،شیپلی (Shipley) و دیگران [۳].

بجز مقاومهای پلیمری فیلم خشک (dry film resist) که در ساخت صفحات مدار چاپی مورد استفاده قرار می‌گیرند ،نور مقاومهای پلیمری به صورت محلولهای آماده‌ای مصرف می‌شوند که معیارهای خلوص مورد نیاز صنعت مورد نظر را دارا باشند.با استفاده از تجهیزاتی که برای فراورش محلولها طراحی شده‌اند این نوع مقاومها روی پایه‌های آی‌سی توزیع می‌شوند و پس از پخت یک فیلم نازک شیشه‌ای تشکیل می‌دهند (که معمولا ۰/۲ تا ۰/۵ میکرون ضخامت دارد).صرف نظر از اختلاف در قطبیت تصویر ،قابلیت وضوح نهایی و قیمت مقاومهای پلیمری مثبت و منفی نیز با هم فرق می‌کند.به همین دلیل هر نوع مقاوم در مصارف آی‌سی موقعیت ویژه‌ای را پدید آورده است.

نور مقاومهای پلیمری منفی: از نظر تقدم زمانی ،نور مقاومهای منفی برای نخستین بار در ساخت نیمه رساناها مورد استفاده قرار گرفتند.در بین آنها مقاومهای پلیمری بیس آریل آزید - لاستیک بیشترین مصرف را دارند [۴].واکنشهای شبکه‌ای شدن در مقاومهای پلیمری بیس آریل آزید - لاستیک در شکل ۳ ارائه شده است.نخستین پدیده نوری ،تولید یک نیترن (Nitrene) است که در یک رشته واکنشهای شیمیایی شرکت می‌کند و در نتیجه پیوندهای کووالانسی پلیمر - پلیمر پدید می‌آیند.در شکل ۳ شبکه‌ای شدن به وسیله جایگزینی نیترن و تشکیل پیوندهای آزیریدن ارائه شده است که واکنشهای متعدد دیگری را که برای نیترن امکان پذیر است نشان می‌دهد.شبکه‌ای شدن ،انحلال پذیری پلیمر در محلول ظهور را کم می‌کند و یک تصویر برجسته به وجود می‌آورد.واکنش با اکسیژن موجب پایان یافتن زنجیر می‌شود ،به این دلیل پرتودهیها زیر پوششی از نیتروژن و استفاده از سایر روشهای جلوگیری از ورود اکسیژن انجام می‌گیرد.ماده بیس آریل آزید - لاستیک جزء اصلی بیشتر مقاومهای پلیمری است که به صورت تجارتی در دسترس می‌باشند.شرایط یک حساس کننده مقاوم پلیمری منفی عبارت است از انحلال پذیری ، پایداری گرمایی و حساسیت به نور.

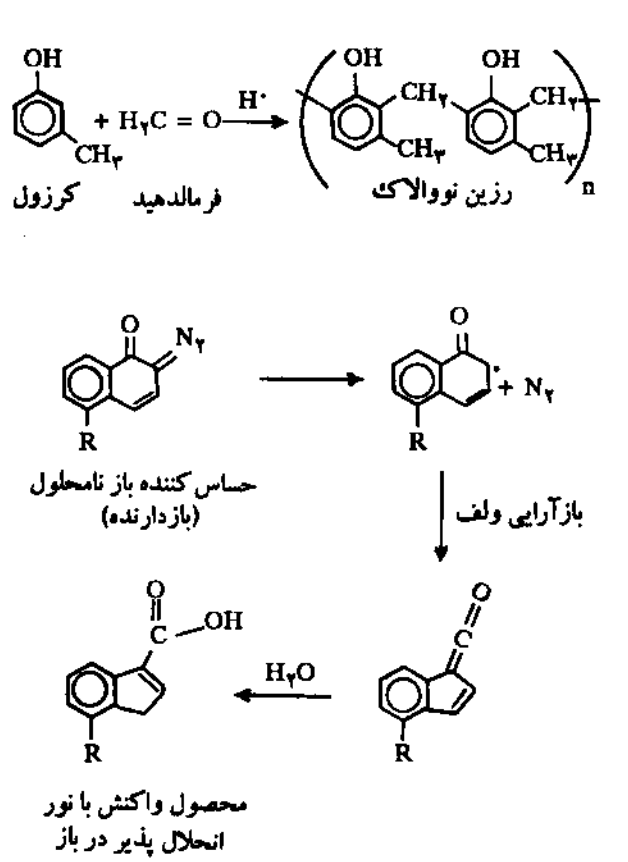



شکل ۳ - شیمی مقاومهای پلیمری منفی [۴]

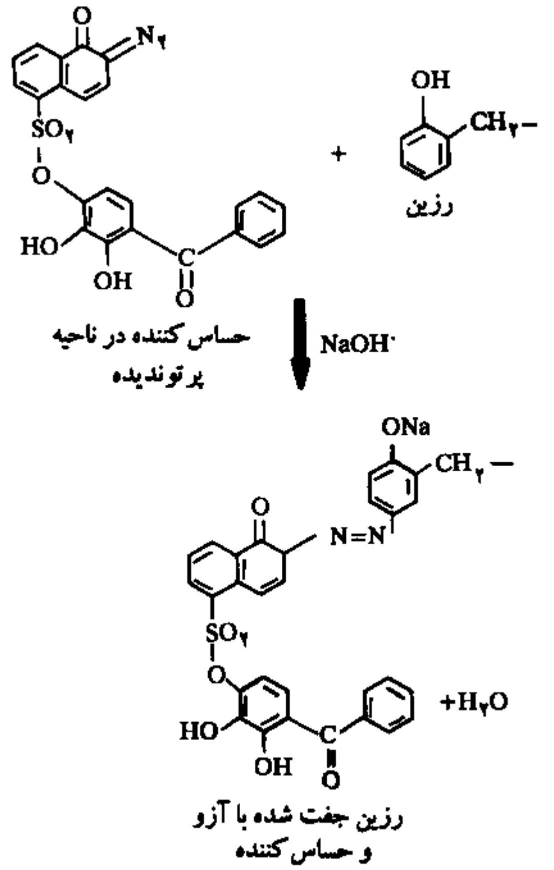
بیس آریل آزیدهایی که استفاده از آنها متداول است ،در ۳۶۰nm یک جذب دارند.مزدوج شدن (conjugation) گسترش یافته و تغییرات ساختاری می‌تواند در ناحیه جذب ۳۰۰-۴۵۰nm به حداکثر رسیده و امکان جذب انتخابی را فراهم آورد.چنانکه در شکل ۳ نشان داده شده است برخی بیس آریل آزیدها ،حساس کننده‌های نوری مؤثری هستند [۵].بهره کوانتمی (quantum yield) که به صورت تعداد وقایع مورد نظر که با جذب هر فوتون اتفاق می‌افتد تعریف می‌شود ،برای این مثالها بین ۰/۱ تا ۰/۴ است.

محدودیت بیشتر مقاومهای پلیمری منفی وضوح کم آنها به دلیل تورم فیلم در حین ظهور است.تورم پدیده‌ای است که به همراه نفوذ مولکولهای ماده ظهور (حلال) به درون ساختار پلیمر شبکه‌ای شده به وجود می‌آید.مولکولهای حلال به وسیله ناحیه پرتو دیده (شبکه‌ای شده) مقاوم پلیمری منفی احاطه می‌شوند.حد وضوح عرض یک خط برای مقاومهای پلیمری منفی درحدود ۳ میکرون است.مقاومهای پلیمری بیس آریل آزید - لاستیک در زایلن قالبگیری می‌شوند.پس از پرتودهی ، واکنشهای شبکه‌ای شدن انحلال پذیری ناحیه پرتو دیده را در زایلن (محلول ظهور) کم می‌کند و فقط مقاوم پلیمری پرتو ندیده در آن حل می‌شود.در حین این فرایند ،مولکولهای حلال در ساختار شبکه‌ای فیلم پلیمر باقیمانده نفوذ می‌کنند و موجب تورم الگو و تغییر شکل تصویر می‌شوند.چرخه‌های پس پخت ،هیچ گاه آخرین تصویر را در خود حفظ نمی‌کند و موجب کاهش وضوح می‌گردند.این واقعیت همراه با تمایل فزاینده صنایع به عدم استفاده از حلالهای آلی ،استفاده از مقاومهای مثبت در ساخت وسایل بسیار فشرده را متداول ساخته است.با وجود این ،چون مقاومهای منفی تنها دارای مقدار کمی حساس کننده گران قیمت هستند ، قیمتشان از مقاومهای مثبت بسیار کمتر (تقریبا $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{4}$ قیمت) است.این مسائل باعث شده است که مقاومهای منفی در تولید تراشه‌های حجیم و ارزان قیمت بیشترین سهم را داشته باشد.در حال حاضر ، ۶۰ تا ۶۵٪ از حجم نور مقاومهای پلیمری مصرفی در ساخت نیمه رسانا‌ها از نوع منفی می‌باشند.

نور مقاومهای پلیمری مثبت: مصرف مقاومهای مثبت بر پایه رزینهای حساس شده نوولاک در سالهای اخیر عمومیت یافته است که علت عمده آن قدرت بالای تفکیک و مقاومت در برابر حکاکی و پایداری گرمایی است.در حال حاضر ،می‌توان با استفاده از فرایندهایی که هنر مهندسی در آن نهفته است ،به وضوح یک میکرون دست یافت.مزیت دیگر مقاومهای مثبت نسبت به مقاومهای منفی ،استفاده از داروی ظهور آبی به جای داروی ظهور آلی است.در شکل ۴ ،مقاوم دی آزونفتوکینون - نوولاک نشان داده شده است که در صنعت کاربرد وسیعی دارد.این مقاوم چند جزئی است و شامل رزین نوولاک ،که از راه کوپلیمر شدن کرزول و فرمالدهید در حضور کاتالیزور اسیدی تهیه می‌شود ،و یک حساس




شکل ۴ - شیمی رزین نوولاک ،مشهورترین مقاوم مثبت [۵]



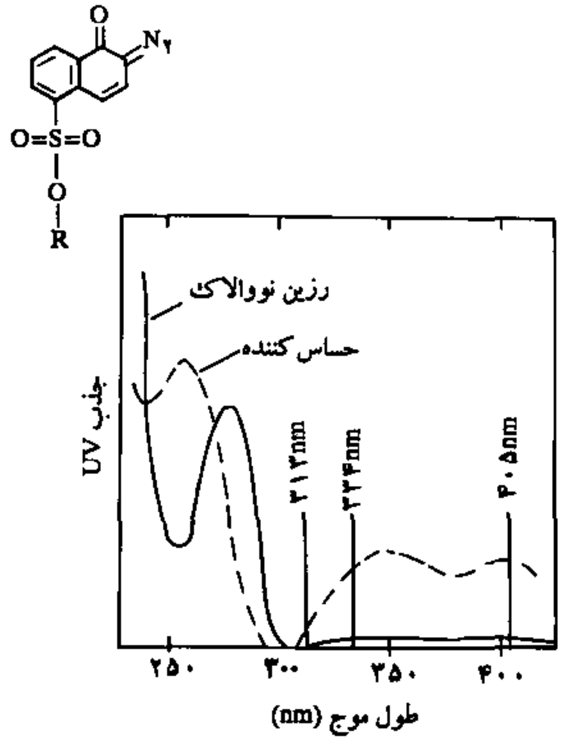

شکل ۵ - مکانیسم عمل دی آزونفتوکینون به عنوان بازدارنده انحلال [۵]

کننده است.حساس کننده معمولا دی آزونفتوکینون ،یک بازنامحلول ، است.وجود باز نامحلول به این دلیل لازم است که طول موجهای UV نزدیک انرژی لازم برای شکستن پیوندهای پلیمرهای مقاوم ،را ندارند. پس از نورکافت (فتولیز) ،دی آزونفتوکینون یک کاربن (Carbene) تولید می‌کند که با انجام بازآرایی ولف (Wolff) به شکل یک کتن (Ketene) در می‌آید.کتن به آب موجود در فیلم اضافه می‌شود و به شکل یک بازمحلول ،محصول نوری آنیون کربوکسیلیک اسید ،در می‌آید. حساس کننده در حالی که قبلا نورکافت شده است ،با شبکه‌ای کردن رزین در حضور محلول ظهور قلیایی از انحلال آن جلوگیری به عمل می‌آورد که واکنشهای مربوطه در شکل ۵ نشان داده شده است [۵].

در اثر نورکافت ،یک اسید حساس کننده تولید می‌شود که ماده بازدارنده انحلال را در ظاهر کننده قلیایی انحلال پذیر می‌سازد.به این ترتیب تمام ناحیه پرتو دیده مقاوم توسط ظاهر کننده جدا می‌شود و یک تصویر مثبت به وجود می‌آید.بنابراین ،مشخصه وضوح سیستمهای دی آزو نفتوکینون - نوولاک به وسیله ماهیت دوگانه حساس کننده تعریف می‌شود که جلوگیری از انحلال رزین قبل از پرتودهی و افزایش انحلال پذیری مقاوم پرتو دیده است.

در شکل ٦ طیف UV یک حساس کننده دی آزونفتوکینون و یک فیلم کریزیلیک اسید - نوولاک نشان داده شده است.مشاهده می‌شود که رزین در دامنه طیفی مورد نظر جذبی ندارد در حالی که حساس کننده در طول موج تابش بیشترین جذب را نشان می‌دهد. ۱ - اکسیل ۲ - دی آزونفتوکینون - ۵ - آریل سولفونات حساس کننده‌ای است که استفاده از آن در فرمولبندی نور مقاومهای مثبت متداول است.ایزومرهای این ماده با طیفهای جذبی مختلف در مقاومهای مختلف تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند.ظاهر کننده‌های مقاوم پلیمری نوع نوولاک ، بازهای محلول در آب هستند که به طور نمونه از محلولهای پتاسیم هیدروکسید ،سدیم هیدروکسید ،ترامتیل آمونیوم هیدروکسید یا بازهای آلی دیگر تشکیل شده‌اند.تأکید بر این نکته لازم است که مقاومهای مثبت مورد استفاده در صنایع میکروالکترونیک در واقع در انحصار سیستم دی آزونفتوکینون - نوولاک است که اساس خط تولید استاندارد بسیاری از تولیدکنندگان را تشکیل می‌دهد.اختلافهای موجود در خواص

۱ - اکسیل - ۲ دی آزونفتوکینون - ۵ آریل سولفونات




شکل ٦ - ساختار و طیف جذب UV یکی از متداولترین حساس کننده‌های مورد استفاده در مقاومهای مثبت [۵]

مقاومهای مثبت که به صورت تجارتی برای کاربردهای متداول وجود دارد در واقع تغییرات ظریفی در شیمی واکنش و ترکیب محلول ظهور ایجاد می‌کند.

**ب – مقاومهای پلیمری UV دور**

این مقاومها ،محلولهای یک جزئی می‌باشند ،یعنی پلیمر مصرفی فاقد حساس کننده در حلال حل می‌شود.مهمترین پلیمرهایی که برای این مقاومها مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از پلی متیل متاکریلات (PMMA) و کوپلیمرهای آن از قبیل پلی متیل ایزوپروپنیل کتن (PMIPK) که ترکیب اخیر ۵ برابر PMMA در برابر نور حساسیت دارد [٦ و ۷].از خانواده پلی اولفین سولفونها نیز می‌توان به پلی ۱ - بوتن سولفون (PBS) اشاره کرد.

**ج – مقاومهای پلیمری باریکه الکترون**

به طور کلی دو دسته مقاوم پلیمری باریکه الکترون از نوع مثبت وجود دارد.دسته اول پلی متیل متاکریلات و مشتقات آن و دسته دوم پلی اولفین سولفونها هستند که با شکست پیوند سولفون تخریب می‌شوند.

از مقاومهای پلیمری منفی نیز می‌توان به کوپلیمر گلیسیدیل متاکریلات و اتیل آکریلات اشاره کرد.

**د – مقاومهای پلیمری پرتوایکس**

پلیمرهای متاکریلات مهمترین مقاوم پلیمری مثبت می‌باشند.از پلی گلیسیدیل متاکریلات کواتیل آکریلات و انواع پلیمرهای پلی استیرن و مشتقات هالوژندار آن به عنوان مقاومهای پلیمری منفی استفاده می‌شود.

## نتیجه‌گیری

خواص مهم مقاومهای پلیمری برای این کاربرد عبارتند از مقاومت کافی در برابر مواد شیمیایی و پلاسما ،حساسیت و تمایز جلوه بالا ،وضوح زیاد ، پایداری گرمایی ،چسبندگی خوب ،طول عمر زیاد ،خلوص بالا و از همه مهمتر هزینه پایین.

مقاومها خود به دو دسته مثبت و منفی تقسیم می‌شوند که فرق آنها در کم و زیاد شدن انحلال پذیری پس از پرتودهی در محلول ظهور است.در مقاوم مثبت پس از پرتودهی انحلال پذیری زیاد و در مقاوم منفی کم می‌شود.در لیتوگرافی نوری از بیس آریل آزید - لاستیک به عنوان مقاوم پلیمری منفی و از رزینهای بر پایه نووالاک به عنوان مقاومهای پلیمری مثبت استفاده می‌شود.این دسته مقاومهای پلیمری همگی دوجزئی هستند یعنی جزء پلیمر و جزء حساس کننده.از پلی متیل متاکریلات به عنوان مقاومهای UV دور و مقاومهای باریکه الکترون و از مشتقات آن به عنوان مقاومهای پرتو ایکس استفاده می‌شود.پلی اولفین سولفونها نیز خانواده دیگری از مقاومهای پلیمری UV دور را تشکیل می‌دهند.

## مراجع

1 Soane, D.S. and Martynenko Zoya, *Polymers in Microelectronics*, Elsevier (1989).

2 Willson, C.G., Introduction to Microlithography, ACS Symposium Series 219, American Chemical Society, Washington, D.C., 1983.

3 Singer, P.H., *Semiconductor Intl.*, **8**, 10, 68 (1985).

4 Thompson, L.F. and Kerwin, R.E., *Ann.Rev.Matl.Sci.* **6**, 267 (1976).

5 Stein, A., Waycoat Tutorial, A.; P.A. Hunt Chemical Corp., Palisades Park, N.J.

6 Kaplan, M. Levine, A.W., Polimak, E.S., *Polym.Eng.Sci.*, **14**, 518 (1974).

7 Tsuda, M., Oikawa, S., Nakamura, Y., Nagata, H., Yokota, A., Nakane, H., Tsamori, T., Nakane, Y., Mifune, T., *Photographic.Sci.Tech.*, **23**, 290 (1979).