م. يزيد العسكر
د. عبدالرحمن المهنا

يقصد بالتصنيع الدقيق تشكيل المواد والأجهزة بمقياس النانو (10^{-9} متر) ، إما باسلوب من أعلى إلى أسفل وإما من أسفل إلى أعلى .

يتمثل أسلوب التصنيع من الأعلى إلى الأسفل في تشكيل بنى وأجهزة بمقياس النانو، بدء من مادة كبيرة الحجم، باستخدام وسائل والآت النقش . وكثيراً –وإن لم يكن دائماً– ما يترتب على هذا الأسلوب إزالة مادة غالباً ما تكون على شكل نفاية. وتعد هذه الطريقة امتداداً طبيعياً للأساليب الراهنة المستخدمة أو الإلكترونيات الميكرونية ، حيث يتم صنع بنى ذات أبعاد محددة جداً بوضع طبقات رقيقة من المادة ونقش تلك الأجزاء غير المرغوب بها من كل طبقة.

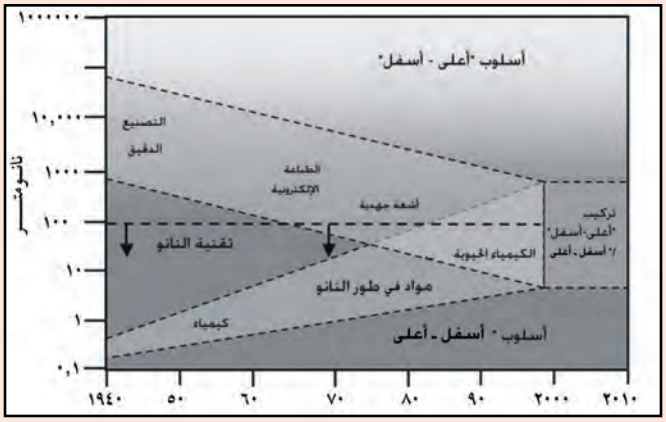
أما أسلوب التصنيع من الأسفل إلى الأعلى ، فيتمثل في بناء نظام معقد من مواد بسيطة مثل محرك من أجزاء بسيطة وأساسية. ويتضمن هذا الأسلوب التحكم والسيطرة في ذرات وجزيئات منفردة لبناء جزيئات بالأبعاد والامتداد النانوي ، وهو أسلوب أشبه ما يكون بالعمليات الأحيائية والكيميائية ، حيث تتجمع الذرات لتكوين بنية بلورية أو بنية خلية حية.

تعتمد طريقة التصنيع من أعلى إلى أسفل – إلى حد كبير – على وسائل الطباعة الضوئية الحديثة ، ويتجه التطور فيها نحو أبعاد أصغر وأصغر، في حين تتجه طريقة المعالجة من أسفل إلى أعلى إلى التحكم ببنية متناهية الكبر حجماً من خلال عمليات كيميائية متطورة.

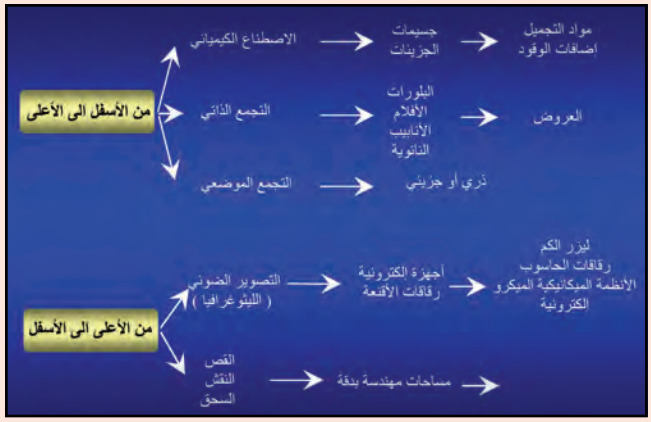
تتم عمليات التصنيع الدقيق داخل مختبرات تخضع لدرجة عالية من مواصفات النظافة ونقاوة الهواء، وتُعرف هذه المختبرات بالغرف النظيفة (Clean Rooms)، وتصنف درجة نظافتها حسب عدد ذرات الغبار في القدم المكعب ، بموجب المقاييس (Classes) ١ ، ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ ، و ١٠٠٠٠ . أي أنه كلما قل الرقم دل ذلك على نظافة الغرفة.

قبل الدخول لهذه الغرف يلزم الباحث ارتداء ملابس خاصة في غرفة تبديل الملابس (Gowning Area) للحفاظ على نظافة الغرف النظيفة ، وعند دخوله هذه الغرف يمر بمرحلة انتقالية يتم فيها تمرير تيار هوائي لإزالة العوالق من على ملابسه حرصا على عدم دخول أي عوالق من الغبار إلى الغرفة النظيفة. وتوضح الصورة شكل الغرف النظيفة والملابس المناسبة لها.

الجدير بالذكر أن تعاون وسيلتي التصنيع من الأعلى إلى الأسفل ومن الأسفل إلى الأعلى تؤدي إلى وسائل مستقبلية وتهجين مبدع للتصنيع من شأنه أن يسمح بصناعة بنى وأجهزة مدمجة ثنائية وثلاثية الأبعاد.



● تطور أساليب التصنيع الدقيق .



● أساليب التصنيع الأساسية وبعض تطبيقاتها .

● صورة في الغرفة النظيفة والعاملين فيها .

التصنيع من أسفل لأعلى

التصنيع من أسفل لأعلى عبارة عن تشكيل بنى نانوية بواقع ذرة تلو أخرى أو جزيئ تلو جزيئ. ويمكن تصنيف هذه الطريقة وفقاً لما يلي:

● الاصطناع الكيميائي

يستخدم الاصطناع (التخليق) الكيميائي لإنتاج المواد النانوية الخام التي يمكن استخدامها بعد ذلك لبناء كتل من المواد أو البنى الأكثر تقدماً. وتجدر الإشارة إلى أن معظم المواد بمقياس النانو ما تزال عند مرحلة الإنتاج في المختبر، ولا يتوفر منها إلا القليل الذي ينتج تجارياً.

● التجميع الذاتي

يعد التجمع الذاتي وسيلة لاصطفاف الذرات أو الجزيئات بشكل متوسط في تركيب نانوي منتظم من خلال تفاعلات فيزيائية أو كيميائية بين الوحدات. ومن الأمثلة على ذلك طلاء المساحات المسطحة، والكبسولات والأسلاك النانوية، والمكونات الإلكترونية الأساسية، حيث تبدو عملية الترسيب البخاري الكيميائي (CVD) في وقتنا الحاضر واعدة بشكل خاص في تحقيق طلاء بمقياس النانو ولإنتاج الأفلام الرقيقة والأنابيب النانوية والبنى الأخرى.

● التجمع الموضعي

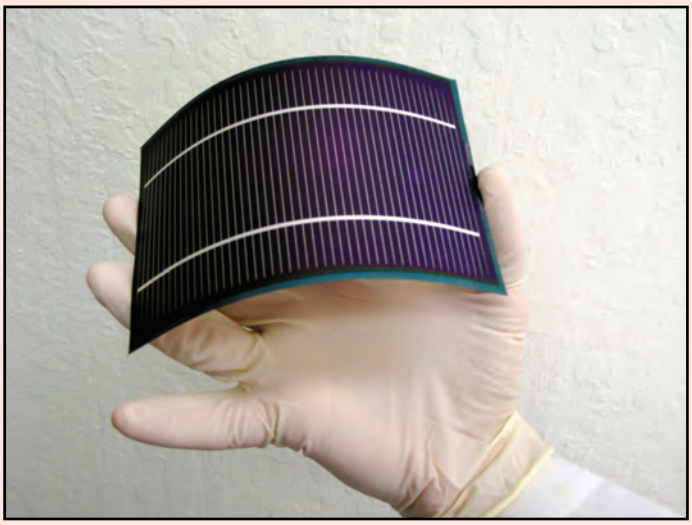
يتم عن طريق التجمع الموضعي التحكم عن قصد بالذرات والجزيئات، وصفها ذرة تلو أخرى أو جزيئ تلو آخر. ويمكن استخدام مجهر المسح النفقي ومجهر القوة الذرية أو حتى أدوات الملاقط البصرية كأدوات للتحكم بجسيمات النانو. وتعد هذه الطريقة شديدة البطء كما أنها ما تزال ذات طاقة إنتاجية محدودة، لأن اللجوء إلى صنع بنية واحدة بهذه الطريقة لاستخدامها بعد ذلك لعمل نسخ مطابقة منها بواسطة أساليب أخرى مثل الطباعة ثلاثية الأبعاد تزيد من مدة الإنتاج.

التصنيع من الأعلى إلى الأسفل

تنطوي طرق التصنيع من الأعلى إلى الإسفل على حك أو سحق المادة وصنع بنية نانوية من مادة ذات حجم كبير. وذلك باستخدام وسائل الهندسة الدقيقة أو باستخدام الطباعة الحجرية (Lithogarphy)، وهي طرق تم تطويرها على مدى العقود الثلاثة الماضية في صناعة أشباه الموصلات، ويمكن توضيح هاتان الطريقتان فيما يلي :

● الهندسة الدقيقة

غالباً ما تُستخدم وسيلة الصناعة البالغة الدقة في صناعة الإلكترونيات الميكرونية، ومن أمثلة هذه الصناعات إنتاج رقائق أشباه الموصلات، لاسيما في المراحل الميكانيكية لوضع الرقائق، وصناعة البصريات الدقيقة. إضافة إلى ذلك تستخدم وسائل الهندسة البالغة الدقة لمجموعة متنوعة من المواد الاستهلاكية مثل الأقراص الصلبة للحاسبات، والأقراص المضغوطة، وأجهزة قراءة أقراص الفيديو الرقمية.



حاليا، يمكن بهذه الوسيلة إنجاز شرائح تزيد أبعادها على ١٠٠ نانومتر على مسافة عشرات السنتمترات، كما أن بإمكانها صقل مساحات يبلغ جذر متوسط مربع خشونتها

بين ٥. إلى ١,٠ نانومتر.

تتضمن عمليات التصنيع بالهندسة الدقيقة عملية واحدة أو أكثر من العمليات التالية:

*** ترسيب الفلم أو رقاقة من المادة (Film deposition) :** وتتم باستخدام تقنيات مختلفة يعتمد اختيار أحدها بناء على طبيعة المادة المراد ترسيبها وخصائصها، حيث تختلف خصائص المادة في هذه المرحلة عن خصائص المادة في حالتها العادية. ومن الخصائص التي تراعى عند اختيارالمادة المناسبة مايلي :

– التوصيلية (Conductivity) : وهي مدى القدرة على توصيل التيار الكهربائي بجودة عالية، وهذه الخاصية مهمة للفلزات المستخدمة للتوصيل.

– الالتصاق (Adhesion) : وهي قدرة المادة على الالتصاق بالقاعدة المرسب عليها ، وكلما كان الالتصاق أكبر كلما كان ذلك أفضل.

– الترسب (Deposition) : وهي قدرة المادة على الترسب بصورة منتظمة دون الحاجة الى رفع درجة الحرارة بشكل كبير.

– دقة حدود الترسيب (Patterning) : أي أن تكون المادة ذات حدود واضحة بعد الترسيب.

– الاعتمادية (Reliability) : وتقاس بقدرة المادة على تحمل التغير في درجات الحرارة أثناء التصنيع.

– الاجهاد الميكانيكي (Stress) : ويفضل أن يكون قليلا للمادة حتى لا تتشوه أثناء التصنيع.

● جهاز الترسيب بالحزمة الإلكترونية .

ومن أساليب الترسيب المستخدمة في عمليات التصنيع الدقيق، الجدولان (٢،١)، ما يلي:

١ – الطلي (Electroplating) : وهي خاصة بالفلزات فقط ، ويتم فيها ترسيب ذرات المعادن على أسطح موصلة للتيار باستخدام التيار الكهربائي بطريقة معاكسة للخلية الجلفانية.

٢ – التبخير (Evaporation): وهي من طرق الترسيب المعروفة حيث يتم تبخير المراد المراد ترسيبها في الفراغ، وبسبب وجودها في الفراغ تنطلق مترسبةً على القاعدة (Substrate)

٣ – الترسيب بالحزمة الإلكترونية (E- Beam Deposition) : وهو أسلوب فيزيائي لترسيب البخار، حيث توضع الركائز بغرفة مفرغة تحتوي على مادة طلاء في أسفلها، وتستخدم حزمة إلكترونية لتسخين هذه المادة وتبخيرها على سطح الشريحة.

وتجدر الإشارة إلى أن أساليب الترسيب البخاري الفيزيائية أقل كلفة من عمليات الترسيب البخاري الكيميائية ، إلا أنها أقل جودة من ناحية وحدة وبنية الشرائح المنتجة، ويستخدم المبّخر بالحزمة

● ترسيب الأبخرة فيزيائيا باستخدام التفيل .

الإلكترونية لطلاء الفلزات والمواد العازلة الكهربائية.

ويرجع السبب في ذلك إلى أن الفلزات مواد ثقيلة يصعب تبخيرها ، إضافة إلى أن الحزمة الإلكترونية لا تمثل أي خطر، من ناحية تلويث الركيزة، بخلاف وسائل التبخير الأخرى.

٤– ترسيب الأبخرة فيزيائيا: (PVD Sputtering): ويطلق عليها التتفيل ، تعتمد هذه الطريقة على الترسيب البخاري الفيزيائي لتصنيع شرائح على قاعدة ما بأسلوب شبيه بعملية الترسيب بالحزمة الإلكترونية. وفي هذه الطريقة ، توضع الركيزة في غرفة مفرغة تحتوي على مواد طلاء في أسفلها ، ومن ثم يقَذف الفلز أو الإشابه (خليط الفلزين) بأيونات عالية الطاقة لتحرير بعض ذراتها ، التي تتجمع بدورها على سطح الركيزة. ويتميز هذا الأسلوب عن غيره من أساليب الترسيب البخاري كالترسيب بالحزمة الإلكترونية بمزايا عديدة، منها أنه يجرى عند درجات حرارة منخفضة، وغالباً ما يصنع شرائح أكثر نظافة ، وذات ترسيب موحد . إلا أن العيب فيه هو الضرر الناجم عن استخدام أيونات عالية الطاقة.

٥– الترسيب بأشعة الليزر (Laser Vapor Deposition) : ويتم عن طريق تبخير المادة المراد ترسيبها باستخدام أشعة الليزر في غاز خامل عند درجات حرارة عالية قد تصل إلى ١٢٠٠مْ .

٦– الترسيب بالتبخير الكيميائي (Chemical Vapor Deposition- CVD): وتتم في الحالة الغازية بوضع المادة المراد ترسيبها في مرحلة الغاز ثم تسخينها باستخدام مصدر حراري لتتم بعد ذلك عملية الترسيب المطلوبة ، وتحدث هذه

المواد والطرق الممكنة	فلزات نقية	سبائك	أشباه موصلات	مركبات	بوليمرات
الطلي	X				
التبخير	X	X			
التنفيل (ترسيب الأبخرة فيزيائياً)	X	X	X		
الترسيب بالنحت بالليزر	X	X	X	X	
الترسيب بالتبخير الكيميائي			X	X	X
الترسيب بالتبخير الكيميائي بمساعدة البلازما			X	X	X
ترسيب الطبقة الذرية				X	
جهاز الشعاع الجزيئي البلوري	X	X	X	X	

● جدول (١) طرق الترسيب المناسبة للمواد المختلفة .

المواد والطرق الممكنة	الكمية	نقاوة الفلم	ضبط الكمية	تغطية الخطوة	تسخين الرقاقة
الطلي	٣	١	١	٣	لا
التبخير	٣	٢	١	١	نعم
التنفيل (ترسيب الأبخرة فيزيائياً)	٢	٣	٢	٢	نعم
الترسيب بالنحت بالليزر	٣	١	٢	٢	نعم
الترسيب بالتبخير الكيميائي	٢	١	٢	٣	نعم
الترسيب بالتبخير الكيميائي بمساعدة البلازما	٢	١	٢	٢	نعم
ترسيب الطبقة الذرية	١	٢	٢	٣	نعم
جهاز الشعاع الجزيئي البلوري	١	٣	٣	٢	نعم

● جدول (٢) كفاءة طرق الترسيب المختلفة .

التفاعلات في درجة حرارة عالية.

٧- ترسيب التبخير الكيميائي بالبلازما (PECVD): ويتم فيها إحداث فرن تفاعلي عن طريق فرق جهد عالي التردد بين القطبين الكهربائيين ، حيث تكون القاعدة على القطب السفلي و تزود الغازات التفاعلية المراد ترسيبها من القطب المقابل، ثم يحدث التفاعل منتجا الرواسب على القاعدة. ويعاب على هذه الطريقة إنتاجها طبقات غير متبلورة ، وقد تستخدم لأغراض العزل.

٨- ترسيب الطبقة الذرية (Atomic Layer Deposition -ALD) : في الحالة الغازية وتتم بوضع المادة في مرحلة الغاز على دفعتين ، ثم تسخينها باستخدام مصدر حراري فتتم بعد ذلك عملية الترسيب المطلوبة. تختلف هذه الطريقة عن طريقة الترسيب بالتبخير الكيميائي بأنها تتم على مرحلتين بينما تتم طريقة الترسيب بالتبخير الكيميائي على مرحلة واحدة.

● غرفة التنمية المتماثلة للشرائح البلورية .

٩ - جهاز الشعاع الجزيئي البلوري (Molecular Beam Epitaxy -MBE)

وتستخدم في ترسيب المواد أحادية التبلور (Single Crystals) ، حيث يتم استخدام مفرّغ عالي الكفاءة لتتم عملية تبخير المادة المطلوب ترسيبها ، ثم تترسب على القاعدة قبل أن تتفاعل مع أي غاز أخر مكونة طبقة بلورية عالية الجودة، ويمكن تكرار العملية عند الحاجة بدون تداخل بين الطبقات المرسبة . وتتميز هذه الطريقة بجودة عملية الترسيب من حيث التناسقية، ولكنها بطيئة.

● الطباعة الحجرية

يتم في طريقة الطباعة الحجرية طلاء سطح المادة الموصلة الذي يكون على درجة عالية من الصقل – غالبا عبارة عن رقاقة سليكون – بواسطة مادة واقية شديدة الحساسية للضوء وهو ما يسمى بحساس الضوء (Photo resist) . ويتم توزيع هذا الطلاء فوق رقاقة السليكون بالتساوي باستخدام جهاز الغزّال (spinner) ، وهو جهاز توضع فوقه رقاقة السليكون ويدور بسرعة كبيرة جدا ، مما يؤدي إلى توزع الطلاء فوق الرقاقة بالتساوي. ويلي ذلك وضع رقاقة السليكون و المادة الحساسة للضوء في فرن لتثبيت الطلاء على الرقاقة.

ويتم رسم صورة الدائرة كهربائية المراد تصنيعها على قناع (Mask) يوضع فوق الرقاقة. ويتصف هذا القناع بأنه شفاف في أجزاء ومعتم في أخرى حسب الدائرة المراد تصنيعها ، وعند تعرض رقاقة السليكون للأشعة فوق البنفسجية ومن فوقها القناع فإن أجزاء تتعرض للاشعة والأخرى لا تتعرض بناء على التصميم. ثم تأتي المرحلة الثانية وهي مرحلة التنميش (Etching)، حيث يتم فيها إزالة الأجزاء التي تعرضت للأشعة أو لإستزراع ذرات غريبة أو بواسطة الترسيب . وبطريقة أخرى فإن القناع يمثل الرسم المراد نقشه على القاعدة بحيث يسمح للأشعة بالمرور أو لا يسمح.

والجدير بالذكر أن هناك نوعان من الطلاء الحساس للأشعة هما :

الطلاء الإيجابي : وفيه تزال المادة المعرضة للأشعة.

الطلاء السلبي : وفيه تكون المناطق المعرضة للأشعة هي الباقية وتزال المناطق الأخرى.

الجدير بالذكر أن مستويات الأداء المطلوبة حاليا من المادة/القناع أصبحت على غاية من الصرامة ا، ذ أن صفيحة طولها ١٠ سم يجب أن لا تتمدد بما لا يزيد عن بضعة أعشار من النانومتر اذا ما رفعت حرارتها درجة مئوية واحدة ، وهو يعني بضعة أضعاف من القطر الذري . كما أن

درجة الانتظام أو التجانس المطلوبة يمكن تقديرها ببضعة أضعاف من القطر الذري.

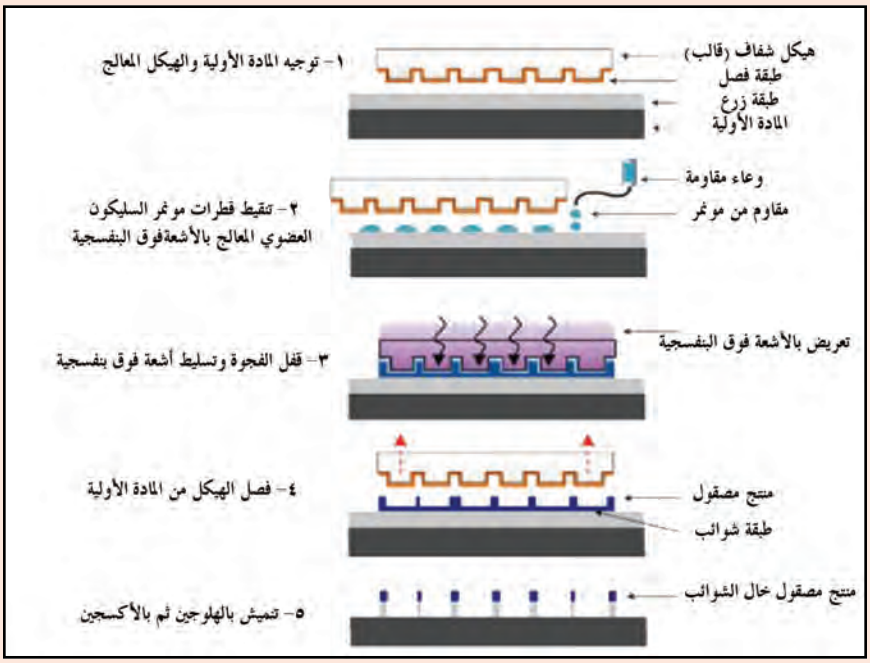
ويخلق تكرار العملية وفق أنساق ودوائر كهربائية جديدة ـ بالنهاية ـ بعض البنيات الأشد تعقيدا التي يمكن أن يصنعها الانسان ، ويعني ذلك أن الدوائر المبرمجة على درجة عالية أو الشرائح الإلكترونية تكون على درجة عالية من الدقة . وجدير بالذكر هنا أنه عند تكرار العملية أكثر من مرة فإنه يلزم أن يكون القناع في مستوى واحد بالنسبة للقاعدة في جميع العمليات ، ولذا يستخدم جهاز مصفاف القناع (Mask Aligner) في كل مرة تجرى فيها عملية الطباعة الضوئية. وفي أيامنا هذه ، ارتفعت كثافة الترانزستورات إلى درجة أن الامر أصبح يتطلب نصف مليون ترانزستور أو أكثر منها لبلوغ حجم أثر نقطة واحدة يتركها قلم رصاص. وتمتلك الشرائح الإلكترونية الحديثة بنى هيكلية يقل حجمها عن الطول الموجي لضوء الطباعة الحجرية . وهي تستخدم أشعة ليزر بكريبتون– فلوريد بطول موجي قدره ١٩٣ نانومتر للحصول على بنى هيكلية بعرض ١٣٠ نانومتر ثم ٩٠ نانومتر. وقد أصبح ذلك ممكنا الان باستخدام تشكيلة واسعة من الحيل البصرية البارعة مثل تصحيح القرب البصري والانتقال الطوري . ويتم تمهيد الطريق الان أمام تقنية الطباعة الحجرية بألاشعة فوق البنفسجية القصوى (EUV) التي تستخدم أطوالا موجية قدرها ١٣ نانومتر ، حيث يكون البلازما في هذه الحالة هو المصدر ، ويمكن بهذه التقنية انتاج بنى هيكلية لا يزيد عرضها عن ٣٥ نانومتر في عنصر السليكون. وتعد تقنية العدسات هي عنق الزجاجة في تقدم صناعة أشباه الموصلات وذلك لأنها تحدد مدى دقة الطباعة المستخدمة في مراحل التصنيع.

ومن التقنيات الحديثة في هذا المجال ما يسمى بتقنية الطباعة النانوية (Nano-imprinting technology)، وتتم في هذه التقنية عملية الطباعة بطريقة مشابهه إلى حد كبير لطريقة عمل الأختام المطاطية المصغرة ، حيث يتم ضغط القالب (Mold) ميكانيكيا على مادة البوليمر (Polymer) أو مادة المونومر (Monomer)، وأثناء عملية التصنيع ، تعالج هذه المادة إما حراريا أو باستخدام الأشعة فوق البنفسجية (UV light) للحصول على أنماط تفصيلية تصل لمستوى النانومتر في دقتها . وهي لا تعتمد على البصريات والليزر بشكل رئيسي كما في طريقة الطباعة الضوئية التقليدية مما يجعلها بسيطة ورخيصة مقارنة بالطريقة التقليدية. ويوضح الشكل (١) ، خطوات التنميش بطريقة تقنية الطباعة الدقيقة ، كذلك يوضح الشكل (٢) بعض الأشكال الناتجة من عملية التصنيع باستخدام تقنية تقنية الطباعة الثانوية ملتقطة باستخدام المجاهر النانوية.

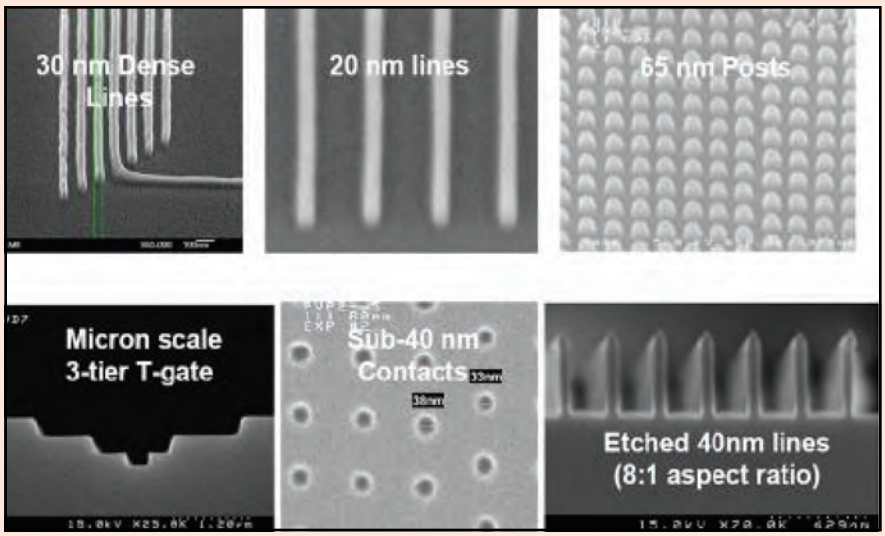
– **التنميش (Etching) :** وهو إزالة بعض الأجزاء غير الموغوب فيها – القابلة للازالة – من سطح القاعدة بناء على تصميم معين بعد عملية الطباعة الحجرية (Lithography) ، حيث يتم بطرق فيزيائية أو كيميائية. والهدف في النهاية من هذه العملية تمثل الدائرة الكهربائية المرسومة على القناع لتكون على القاعدة. هناك طريقتان ، هما للتنميش :

*** التنميش الرطب (Wet etching):**

ويمتاز بانخفاض تكلفته مقارنة بالتنميش الجاف ، ويتم فيه استخدام المواد الكيميائية لإزلة المناطق غير المرغوب بها من على القاعدة ، ولكل قاعدة معينة هناك مادة



● شكل (١) خطوات التصنيع بالطباعة النانوية .



● شكل (٢) بعض الأشكال الناتجة من عملية التصنيع بتقنية الطباعة النانوية باستخدام المجاهر النانوية.

كيميائية مناسبة للقيام بعملية التنميش عليها ، ويوضح الجدول (٣) بعض أنواع القواعد والمواد المناسبة للتنميش لها:

* **التنميش الجاف (Dry etching)** : وهو عبارة عن إزالة المناطق غير المرغوب بها من على القاعدة باستخدام الأيونات أو البلازما. ويعد جهاز الطبع بالتفاعل الأيوني (Reactive Ion Etcher - RIE). أبرز الأجهزة المستخدمة في التنميش الجاف . في هذا الجهاز توضع القاعدة على طبق في الغرفة المفرغة ، ومن ثم يطلق فيها غاز يختلف نوعه باختلاف القاعدة وباختلاف المادة المراد تنميشها . ويستخدم الطبق كقطب كهربائي لإنتاج موجات الترددات الموجية ، بحيث تكون جدران الغرفة هي الأرض أو الموصل بالنسبة للموجات ، التي تقوم بتأيين جزيئات الغاز بفصل الإلكترونات عن ذراتها ، مما يؤدي إلى انتاج الإلكترونات والأيونات في الوقت نفسه. وتؤدي الموجات إلى تذبذب الإلكترونات والأيونات عموديا ، لذلك فإنه إما أن ترتطم الإلكترونات بجدران الغرفة وتنتقل بالتالي خلال الجدران ، وإما أن ترتطم بالرقائق لتتراكم مكونة شحنة سالبة . أما الأيونات فتنقذف على الشريحة الرقيقة فتؤدي إلى طبعها أو نقشها إما كيميائياً بتفاعل الأيونات مع المادة المكونة للشريحة ، وإما فيزيائياً بطرد ذرات الرقيقة بالقوة الحركية لهذه الأيونات.

مادة القاعدة	مادة المنمش
أكسيد السيليكون	حمض الفلور
سيليكون نيترايد	حمض الفسفور
البولي سيليكون	هيدروكسيد البوتاسيوم
الألمنيوم	حمض النيتروجين أو حمض الفسفور
الذهب	يوديد النشادر

● جدول(٣) بعض أنواع القواعد والمادة المناسبة لها في التنميش .

التصنيع الدقيق بالمدينة

يتم في هذه الأيام بناء أول غرف نظيفة في المملكة ذات درجات نقاوة تتراوح من ١٠٠ إلى ١٠٠٠، وتوجد هذه الغرف في المركز الوطني للتقنية متناهية الصغر (النانو) داخل حرم مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. وتبلغ مساحة هذه الغرف النظيفة ٧٥٠ م٢ مقسمة الى أربع غرف هي:

* **الغرفة الأولى:** وهي غرفة البناء البلوري وأجهزة تشخيص العمليات (Epitaxial) (growth) ، وتبلغ درجة نقاوة ١٠٠٠ ، وتحتوي على عدة أجهزة أهمها:

1- (Metal Organic Chemical Vapour Deposition (MOCVD)

* Molecular Beam Epitaxy (MBE)

أجهزة التشخيص ، مثل :

2- XRD, Surface profiler, PL Mapper and Ellipsometer

* **الغرفة الثانية:** وهي غرفة العمليات الجافة في مراحل التصنيع ، وتبلغ درجة نقاوتها ١٠٠٠ ، وتحتوي على :

* E-beam deposition
* Sputtering
* Plasma enhanced chemical vapour deposition
* Reactive Ion Etcher (RIE)
* Low pressure chemical vapour deposition
* Rapid thermal processing (RTP)

* **الغرفة الثالثة :** وهي غرفة العمليات الرطبة الكيميائية في مراحل التصنيع ، وتبلغ ودرجة نقاوتها ١٠٠٠ وتحتوي علي الأجهزة التالية:

* Electro plating
* Electro less plating
* Acid and Solvent Wet Benches

* **الغرفة الرابعة:** وهي غرفة الطباعة الضوئية و الإلكترونية ، وتبلغ درجة نقاوتها ١٠٠ وتحتوي على الأجهزة التالية:

* Optical Mask aligner
* E-Beam lithography
* Baking Ovens
* Spinner