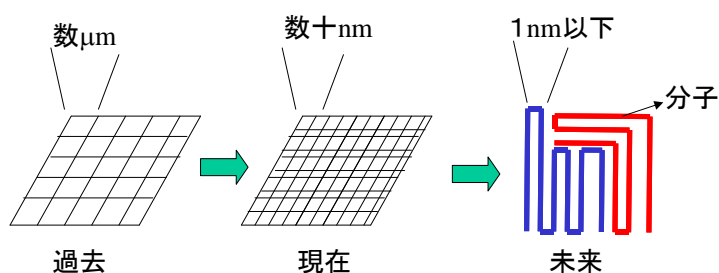


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	2. ナノ操作
中項目	2-2. 超微細加工
小項目	2-2-1. リソグラフィー

<p>概要（200字以内）</p> <p>超微細加工技術は、半導体製造プロセスにおいて最も重要な技術の一つである。現在、ホトリソグラフィーが用いられており、ArF レーザーを光源とし化学増幅レジストを用いて65nm の解像度まで実用化されている。将来的には、EUV やナノインプリント技術が期待されている。3次元での高解像度を得る技術としてはホログラフィー、光造形、多層記録がある。また、分子の自己組織化を利用したボトムアップ型の超微細構造形成技術が研究されている。</p>	
<p>現状と最前線</p> <p>超微細加工技術は、空間的な次元で1次元、2次元、3次元に分けられる。また、目的によって様々な構造形成技術が用いられ、要求される微細構造の細かさが異なる。以下に、構造形成方法によって分類した6つの代表的な技術の現状と最前線を説明する。</p> <p>① リソグラフィー</p> <p>1980年から2006年の間にホトリソグラフィーによる最少加工線幅は約2μmから約50nmまで縮小した。その間、線幅に強い影響を与える光源と光の波長は、水銀灯のg線（436nm）、i線（365nm）、KrFレーザー（248nm）、ArFレーザー（193nm）と移り変わった。また、レジスト材料は、ノボラック/ナフトキノンジアジドから化学増幅レジストへと変遷している。化学増幅レジストは酸触媒で脱保護してアルカリ可溶性となる高分子と光酸発生剤からなる。光反応で生成する酸一分子に対して多く側鎖が脱保護を受けることで増幅機構が働き高感度となる。化学増幅レジストも、KrFレーザーではポリヒドロキシスチレンが使われたが、ArFレーザーでは、193nmでより透明なアクリレート系高分子が使われている。最先端技術では、30nm程度以下の線幅を得るべく、レンズとレジストの間に高屈折率の液体を介在させて開口係数を稼ぐ液浸リソグラフィーや軟X線（波長13.4nm）を光源とするEUVリソグラフィーが期待されている。</p> <p>② 印刷</p> <p>表面の凹凸や濡れ性の違いを利用してインキやその他の物質を転写するの印刷技術である。従来の印刷はμm以上の解像度で使われているが、最近では10nm程度の高解像度を目指して、ナ</p>	



ノインプリントやソフトリソグラフィーが開発されている。ナノインプリントでは、nmレベルの線幅の凹凸を有する表面を感熱もしくは紫外線硬化型樹脂に押しつけて冷却もしくは紫外線で硬化させてパターンを転写する。ソフトリソグラフィーでは、ポリジメチルシロキサンで作成したスタンプにより自己組織化分子の単分子膜を基板に転写する技術がある。

③ ホログラフィー

2つに分けたレーザー光の干渉縞を記録するもので、本来は3次元の画像情報を記録・再生するために研究された。現在では、厚み方向も利用した記録の高密度性や2次元で情報を読み出せる高転送速度を活用した、テラビットメモリーを実現するための手法として期待されている。フォトポリマーを利用したライトワンス型は実用化の段階にきているが、今後は書換え型が必要となる。そのために記録の安定性と高速書込み性を兼ね備えた材料が望まれている。

④ 光造形

3次元の物体の形状を再現するための技術である。タンク内の紫外線硬化型樹脂に物体のスライス形状データをもとに紫外線レーザーを照射して樹脂の一層分を硬化させる。硬化した樹脂が乗ったステージを降下させ次のスライス形状データに基づき2層目の樹脂を硬化させる。これを繰り返して電子データで与えられる3次元物体の情報を元に3次元形状を有する硬化樹脂を得る。最先端技術では数十 μm の解像度が得られており、MEMSの分野で期待されている。

⑤ 多層記録

2次元の記録を多層にすることで高密度化を図る技術である。ブルーレイディスクでは2層ディスクが実用化されている。8層(200GB/disc)も開発されている。さらなる多層化(10~100層)を目指して層間のクロストークを防いだ2光子吸収の技術開発が進められている。

⑥ 自己組織化

究極の解像度を有する材料を実現するためには、分子間の弱い相互作用を利用する分子からのボトムアップの方法が有望である。現在、ナノチューブ、分子ワイヤー、分子機械、分子メモリー等をターゲットとした研究が進んでいる。望みの電子回路を自己組織化によって形成しようとするれば、分子構造としてパターン情報をプログラムする必要がある。プログラムされた塩基配列を有するDNAで望みの形態の自己組織体を作る研究が始まっている。

将来予測と方向性

・5年後までに解決・実現が望まれる課題

30nm程度以下の線幅を実現する実用リソグラフィー技術

10層程度からなる多層記録

・10年後までに解決・実現が望まれる課題

自己組織化による電子回路の作成

安定な書き換えホログラムメモリー

キーワード

ホトリソグラフィー、ホログラフィー、自己組織化、3次元記録、ナノインプリント

(執筆者：玉置 信之)