

焦点深度の限界を超える 立体への三次元フォトリソグラフィ

豊田工業大学 大学院工学研究科
佐々木 実

1. 緒言

切削やビーム加工では、製作する形状を微細にするために加工寸法を小さくすると、加工体積が寸法の3乗で小さくなり、加工点を走査して曲面を得るのに膨大な時間がかかるようになる。これら通常の機械加工によるアプローチは生産性までを考え合わせると、幅などが約 $100\mu\text{m}$ を下回ると工業的な敷居が高くなる。図1に概念図を示す。レーザー加工、放電加工を微細化した研究報告は加工サイズ数 $10\mu\text{m}$ である¹⁾。例えば、ピッチ $50\mu\text{m}$ の2次元ドットアレイを 50mm 角の面積に敷き詰めようとすると、100万回の穴加工を繰り返す必要に迫られる。工具製作コストがかかり、細い工具ほど摩耗が速い。対して、フォトリソグラフィは、微細パターンを多点で同時に加工できる特徴から、微細で複雑な構造を持つLSIを工業的に生産可能にしている。加工の素反応は、原子・分子の究極的に細かなサイズで進むため、微細パターンがフォトレジストで得られるほど加工サイズは小さくできる。微細化が進んでも一括処理のためにスループットが維持され、微細になるほど強力となる。但し、平面基板にのみ有効で、立体形状が必要な機械部品や光学部品類とは別分野でしかなかった。機械部品表面にマイクロテクスチャなど微細構造を創る研究は試行されてはいたが、穴開き薄板のステンシルマスクを使うなど、サイズと形状、共に限定的で発展性は乏しかった。しかし、加工が可能になるならば、流体抵抗の低減や省エネ効果が得られるなど、魅力的な分野が広がる。金型に原形を用意する場合は、曲面に硬い微細構造を広域で製作する技術を開発することになる。

本報告では、立体としてSi凸レンズ（プレス転写コイニング用の金型も似た形状を持つ）と円筒状の圧延ロールをサンプルとして、微細パターンを転写することを試みた。

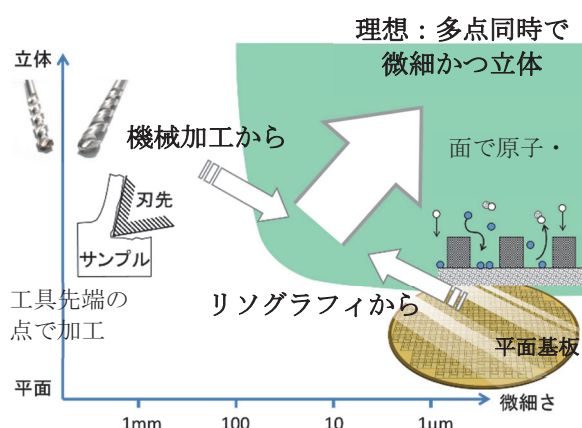


図1 リソグラフィ（多点同時）と機械加工（立体）の領域と、長所同士を組み合わせる理想。

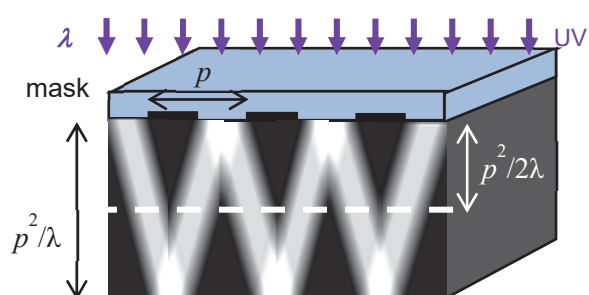


図2 フォトマスクとレジスト間のギャップで生じる光回折の模式図。