

バルクSi三次元構造上のサーフェスマイクロマシニング

東北大学大学院工学研究科 助教授 佐々木 実

1. はじめに

小型の光応用デバイスを実現するには、光路となる空間を反射等の光学法則に従った形で確保し、素子配置する立体構造が必要になる場合が多い。単一基板平面上で集積化できる光学系は限られる。個別の素子を三次元的に配置する方針はアセンブリに難があり、生産性は高くない。マイクロアクチュエータを他の光学素子やアライメントガイドと共に、プリアライメントして用意すれば問題を軽減できると考えられる。バルクSi三次元構造上に薄膜構造を持つ光デバイスを開発した。

2. 光スキャナ

異方性エッチングで得られるSi (111) 面上にマイクロミラーを製作し、熱駆動アクチュエータと組み合わせた光スキャナを製作した。SiN成膜と、壁面へのパターニングが可能で3次元フォトリソグラフィ技術を応用した。図1(a) 1(b)に構成と製作した光スキャナを示す。左側は3次元マイクロ光学ベンチであり、LD (laser diode) チップをマウントするテラスである。右側はV字型カンチレバー状のマイクロアクチュエータである。SiNをdoped poly-Siヒータ層とAlで挟んだ構造を持つ。通電加熱すると、下部のAl層がより熱膨張して上に反る。たわみと共にミラーが回転してLDからの出射光をウェーハ面外に反射する。Si基板にPD (Photodiode) を用意して、バーコードリーダへの応用も可能である。LD、ミラー、PDを一直線上にプリアライメントして用意できる。また、ミラー周辺部には縁を用意して、薄膜ミラーを硬く、反り難くした。テラスにLDチップを配置して動作を確認した。120mWで光走査角30°を得た。カットオフ周波数は100Hzであった。バーコードリーダの要求に近い値となっている。

3. 可変光減衰器

光通信応用を目指して、光ファイバに作用する図2(a)のようなデバイスを製作した。V溝に固定した光ファイバをコア付近まで研磨し、研磨面上にサーフェスマイクロマシニング構造を用意する。高い屈折率 (~2) を持つSiN膜が近づいて光ファイバコアに近接すると、伝搬光が一部結合してロスとなる。ブリッジ位置により透過率が変化する原理である。図2(b)が製作したデバイスの一端である。ブリッジは0.25 x 3 mmで、ギャップは3 μmである。光ファイバコアに正確にアライメントされている。光ファイバの位置はV溝で決まるので、マスクのアライメントによる互いの正確な位置合わせが可能である。得られた減衰は1 dB程度であった。変化が少ない原因は、パーティクルの問題も含めて長いブリッジ全体が光ファイバに一樣に近接するのが難しいことである。

4. まとめ

立体構造を持つバルク光学ベース上に薄膜からなるアクチュエータを組み合わせた2種類のデバイスを、アライメントのとれた形で実現した。

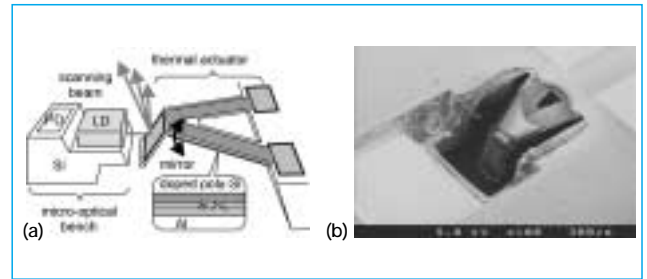


図1. 3次元マイクロ光ベンチ上に形成した光スキャナ

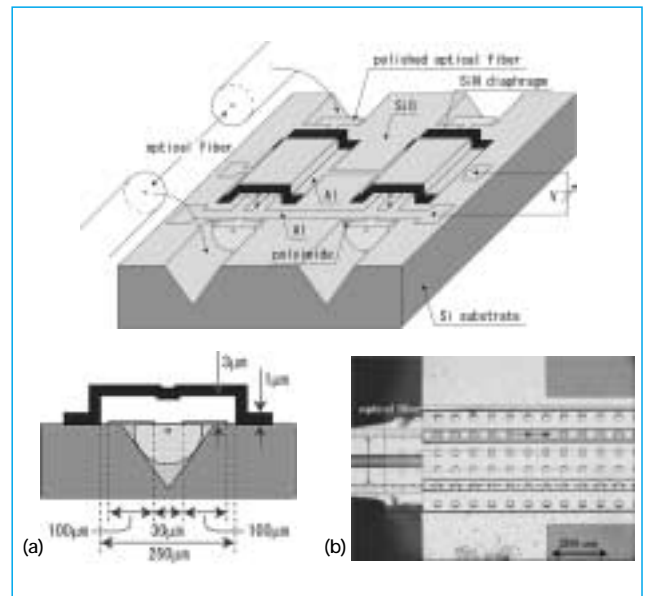


図2. 光ファイバ研磨面上に用意した可動ブリッジ型可変光減衰器

濡れ性の制御および液液気界面張力差対流によるマイクロアクチュエータの基礎研究

早稲田大学理工学部 教授 平沢 泉 / 航空宇宙技術研究所 主任研究員 桜井 誠人

1. はじめに

流体現象はそのスケールが小さくなるにしたがって、濡れ性、表面張力の効果が支配的に現れる。微小重力場においてもそれらの力が支配的となることから、微小重力場と微小スケールの相似性に着目し、能動的に濡れ性および表面張力をコントロールすることにより液体を自在に制御することを試行する。

2. 濡れ性による流体ハンドリング

濡れ性分布を利用した流体ハンドリングの実例を示す。冷却用ベルチエ素子の上に金属製の文字盤を置き、その上に温度応答性高分子IPAAmをコーティングした培養皿を置いた。培養皿の底面はIPAAmでコーティングされているため、冷却された部分のみ濡れ性が良くなり、図1に示すように水滴は濡れ性の良いところにのみ付着して文字状の水路を形成した。

3. 液液気界面張力差対流

図2に示すようにフロリナートの液層の上にシリコンオイル滴を乗せると自発的に流れが発生する事を新たに発見した。この流れは容器を密封すると停止したことから蒸発に起因していると考えられる。シリコンオイルの液滴の厚さは1 mm程度と考えられる。図3の速度分布からわかるようにこの駆動力は気相と二種の液層の交わる三重接線で生み出されるようである。本駆動力を応用して回転力を生み出す装置を試作した。この羽根車は濡れ性分布を施してあり、フロリナートに浮かべ、図4に示すように羽の一方にのみ注射器を用いて赤く着色したシリコン液滴を付着させると、羽根車は自発的に回転を始めた。

4. まとめ

本研究で開発した流体のハンドリングは機械的な構造を持たずに流体を扱えるため微小化が容易である。今後メカニズム解明に挑むと共に直線運動を取り出すことを可能にし、微小スケールで有効に働く駆動力として発展させてゆきたい。



図1. 濡れ性分布を利用した水路形成

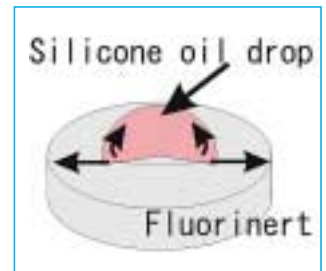


図2. 液液気界面張力差対流形成

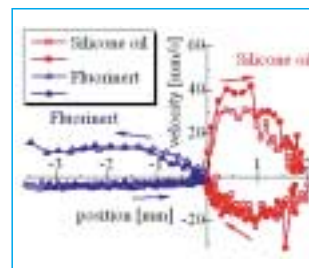


図3. 液液気界面張力差対流における速度分布

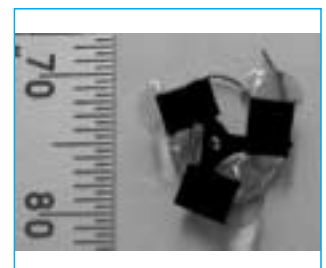


図4. 液液気界面張力差対流を利用した水車