

最近の技術から

レーザー CVD によるマイクロレンズの作製

英 貢

豊橋技術科学大学電気電子 〒441 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1

1. はじめに

マイクロレンズは、マイクロオプティクスのキー要素として重要であり、その製作にはさまざまな方法が試みられている。分布屈折率平板レンズは、イオン交換拡散法やイオン電界移入法で作製されるが、そのほか、ガラス基板上に掘った半球状の穴をプラズマ CVD 法で充填するとか、特殊ガラス基板の光化学反応を利用する等の方法がある¹⁾。

今回われわれは、従来試みられたことがないレーザー微細加工技術を利用してマイクロレンズを作製した^{2,3)}。この手法では、平面石英板の上に、透明誘電体を堆積させレンズを形成している。以下で、その概要について説明する。

2. 薄膜技術とマイクロレンズ

われわれが採用した手法は、レーザー CVD⁴⁾に基づく薄膜形成技術である。まず注目すべきは、球面の曲率半径を r 、レンズの直径を d とすると、中央での厚みは $t = d^2/(8r)$ となる。そこで、径が小さいと、堆積させる膜の厚さも小さくてすむ。 $d = 0.2\text{ mm}$, $r = 1\text{ mm}$ と選ぶと、必要な厚みは $5\text{ }\mu\text{m}$ にすぎない。これで、薄膜技術がマイクロレンズの作製に適用できることがわかる。

しかもレーザー CVD では、基板上に集光して反応を限定できるため、局的に膜が堆積できる。さらに大切なのは、その厚さ分布がレンズにふさわしい形状をしていることであった。

3. マイクロレンズの作製

装置の概略図を図 1 に示す。ZnSe レンズで集光した炭酸ガスレーザー光で石英基板を局的に加熱して、 SiH_4 と NO の混合ガスの熱反応より酸化ケイ素膜を形成する。その際、窒素ガスを加えると、膜の表面が滑らかになる。具体的な条件としては、ガス圧が順に、 $2.0 \times 10^2\text{ Pa}$, $3.8 \times 10^3\text{ Pa}$, $6.7 \times 10^4\text{ Pa}$ であり、レーザー

パワーは 1.3 W 、照射時間は 10 分である。膜の成分は SiO_2 に近いが、窒素原子も少量混入している。

形成された膜の厚さ分布を、図 2(a) に示した。中心部は点線で示したように球形になっている。全体の高さのうち、上から 13% が球状であった。

4. エッティングによる整形

堆積された膜の中心部で球状が実現してはいるが、さらにこの領域を拡大するのが望ましい。そこでいろいろと工夫してみたが、エッティングの方法が一番簡単で有効であった。16-BHF 液に膜を 3 分間浸した場合、図 2(b) に示したように、球状の領域は 55% まで増大した。エッティングする時間には最適値があって、長すぎてもよくな。

このようにエッティングが整形に有効なのは、レーザー照射部分中央では温度が高く、周辺に行くほど低くなるためである。その結果、膜は中央に近いほど緻密になり、エッティングされにくく、逆に周辺ほどエッティングされやすい。

なお、この際、石英基板も同時にエッティングされるが、これを防止するため、石英基板を窒化ケイ素で被覆しておくと図 2(c) のようになり、全体の形状がさらに改善された。

5. マイクロレンズの特性

表 1 には、本研究で作製したマイクロレンズのいくつかをまとめて示した。焦点距離 f_{est} は、球状部分の曲率半径から求めたものであり、 f_{obs} は He-Ne レーザーで実測した値である。焦点距離は 1 mm 以下と十分小さくできる。

作製されたマイクロレンズの表面精度と波面収差は、フィゾー干渉計を用いて測った。その結果、球面としての面精度はよく、波面収差による波面のゆがみも、Marèchal の基準値（波面収差が波長の 14 分の 1 以下）を満足していた。

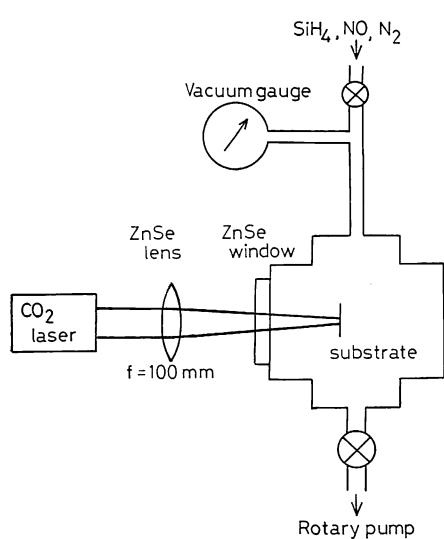


図 1 装置の概略図

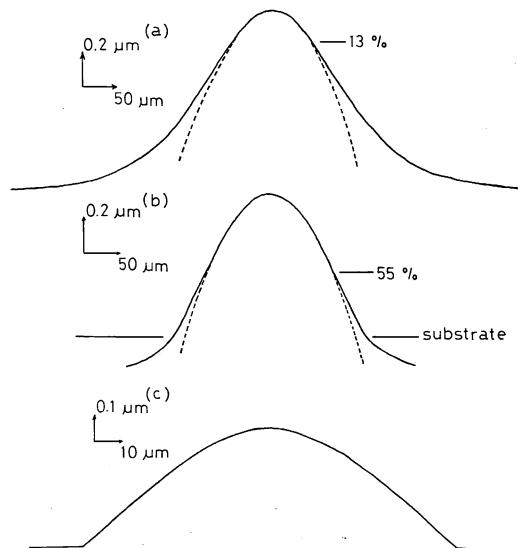


図 2 作製されたマイクロレンズの実例
 (a) 堆積したまま, (b) エッチング後,
 (c) 石英基板の表面を窒化ケイ素膜でコートした上に堆積

表 1 レーザー CVD で作製したマイクロレンズの実例

レンズ径 (半値全幅) (mm)	厚さ (μm)	f_{est} (mm)	f_{obs} (mm)
0.75	5.3	20	26
0.75	40	—	5
0.16	5.8	1	0.9
0.16	20	—	0.6
0.02	0.66	0.15	—

なお、応用の一つとして、作製したマイクロレンズの一つで光ファイバーの出力光をコリメートさせた。その場合、挿入損失は 0.9 dB と小さかった。

6. 展望

本実験は、この種の試みとしては初めてのものであり、今後いろいろと改善したい点がある。たとえば、球状部分をさらに拡大したいし、堆積速度を増大してより短時間にレンズを製作することも、たとえばアレイ化したマイクロレンズ作製のためには必要である。

反応の立場からは、熱分解ではなく、低温で堆積可能な光分解の方法が望ましい。さいわい、光源としてエキシマレーザーが利用できる。その際、堆積速度を十分大きくするにはどうするか、形状をどのように制御するか等の課題がある。もしこの方法が実用化すれば、マスクを用いたアレイ化も実用できる。

本研究に協力してくださった院生杉村敦彦、久保幸の両君、および(株)リコーに感謝いたします。

文 献

- 1) これらの方法の説明は、たとえば、伊賀健一：“微小光学”，応用物理，55 (1986) 661-669.
- 2) M. Kubo and M. Hanabusa: “Fabrication of micro-lenses by chemical vapor deposition,” Appl. Opt. (1990) 印刷中。
- 3) A. Sugimura, Y. Fukuda and M. Hanabusa: “Selective area deposition of silicon-nitride and silicon-oxide by laser chemical vapor deposition and fabrication of microlenses,” J. Appl. Phys., 62 (1987) 3222-3227.
- 4) M. Hanabusa: “Photoinduced deposition of thin films,” Mater. Sci. Rep., 2 (1987) 51-98.

(1989年11月27日受理)