18p-PA2-8

シリコーンゴム中に形成した液滴の屈折率評価

Refractive Index Evaluation for Droplets in Silicone Rubber

龍谷大理工　　奥埜 豪，鎌倉 拓海，斉藤 光徳

Ryukoku Univ.　Tsuyoshi Okuno, Takumi Kamakura, Mitsunori Saito

E-mail: msaito@rins.ryukoku.ac.jp

色素をドープした微小液滴では、ウィスパリングギャラリー（WG）モードのレーザ発振が起こる。取り扱いが難しく不安定であるという欠点は、液滴を柔軟なシリコーン（PDMS）ゴム中に埋め込むことで解決し、変形性を損なわずに固体材料のように扱うことができる。[1] 液滴はピペットやインクジェットノズルから吐出して形成するが、その際溶媒が急速に蒸発するため、成分や屈折率が変化する。WG モードを励振するには、液滴の屈折率 n_L を周囲媒質（PDMS の場合は n_M=1.40）より高くしなければならず、微小な液滴の屈折率評価が必要となる。

Fig.1 に示すように、液滴（直径 d）は焦点距離

$$f = [(n_M - n_L/2)/(n_L - n_M)](d/2) \quad (1)$$

のレンズとして機能する。n_L<n_Mのときには全反射も生じることを考慮し、光ビームの広がり w を算出して測定値と比較した。Fig.2 の手順で円柱孔（直径 2mm）に空気や水を封入した PDMS を作製し、側面から HeNe レーザ光（ビーム径 1.5mm）を照射して広がりを測定したところ、Fig. 3(a) のように理論値と一致した。Fig. 3(b) に示すスクロースの 20wt% または 60wt% の水溶液を封入した試料では、理論値との比較から屈折率 n_L を 1.36、1.43 と評価できた。

色素液滴は、Fig. 4 のように PDMS 上に滴下した混合溶液（トルエン・メタノール・グリセロール等）から揮発成分を一部蒸発させた後、未硬化の PDMS を注入して作製した。ビームの広がりを測定した結果、溶媒の混合比や蒸発量に応じて、液滴の屈折率が 1.38 から 1.50 の間で変化することが分かった。

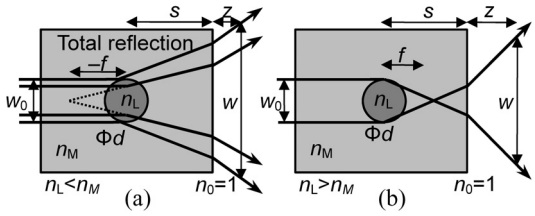

Fig. 1　Beam divergence by a spherical or cylindrical droplet in a matrix with a refractive index n_M. The droplet acts as a (a) concave or (b) convex lens depending on the refractive index of the liquid (n_L).

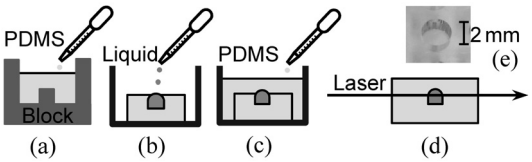

Fig. 2　Fabrication process of a cylindrical lens in PDMS. (a) A PDMS rubber with a cylindrical pore is created by the molding method. (b) The pore is filled with a solution. (c) PDMS oil with a curing agent is poured on the PDMS rubber. (d) The PDMS cures completely in 8 h. (e) Sample photograph (top view).

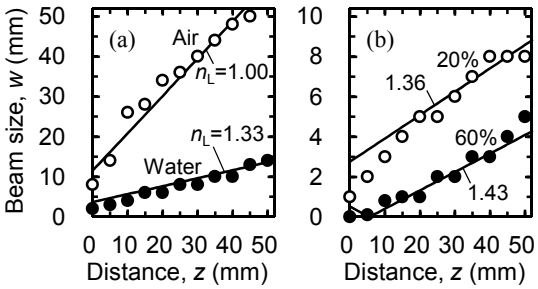

Fig. 3　(a) Beam divergence by a PDMS rubber that contained air or water lens. The lines show theoretical values for suitable indices. (b) Measured and calculated divergence for the samples with a sucrose solution.

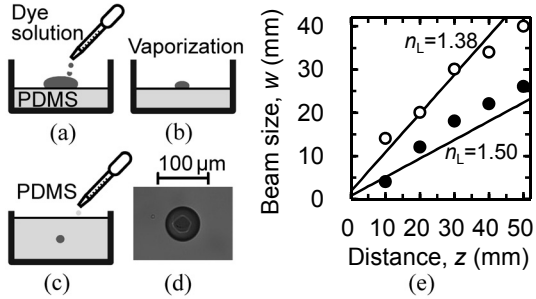

Fig. 4　(a)−(c) Fabrication process of a dye-doped droplet. (d) Microscopic photograph of a fabricated droplet. (e) Beam divergence by a droplet that was made of a methanol- (○) or toluene-based (●) solution.

1. M. Saito and K. Koyama, J. Opt. **14**, 065002 (2012).

© 2014 年　応用物理学会