Microfluidic Dye Laser

INTRODUCTION

본 보고서에서는 마이크로 분석 시스템에 적용되는 마이크로 색소 레이저 사용 시 문제점으로 지적되던 주입기를 초소형화함으로써 새로운 마이크로 색소 레이저 시스템을 개발한 연구 결과를 소개하고자 한다. 연구에 사용된 시스템은 초소형화된 액체 색소 레이저 (Fig. 1)와 매우 작은 양의 색소를 주입할 수 있는 주입기 (Fig. 2)로 구성되어 있다. 이 컴팩트한 시스템은 마이크로 분석 시스템을 목표로 설계되었고 마크로 장치와 연결하지 않아도 된다. 이 주입기는 매우 작은 부피를 정확히 전달할 수 있다. 이 주입기는 1-10 μL/h 의 액체 색소를 마이크로 색소 레이저에 공급할 수 있고 색소 레이저 작동시 레이저 cavity에 색소가 표백되는 것을 방지할 수 있다. 이러한 방법을 사용하여 야외에서 마이크로 분석 시스템에 적용 가능하고 10시간 이상 작동하는 컴팩트하고 일회용 색소 레이저 시스템을 개발하였다.

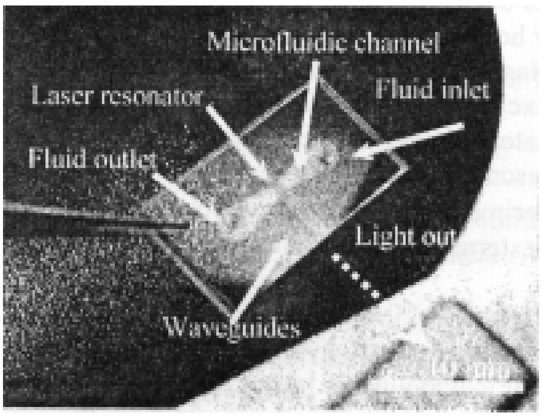

Fig. 1. Laser chip with fluidic channel and drilled holes. 10 μm SU-8 defines the structure.

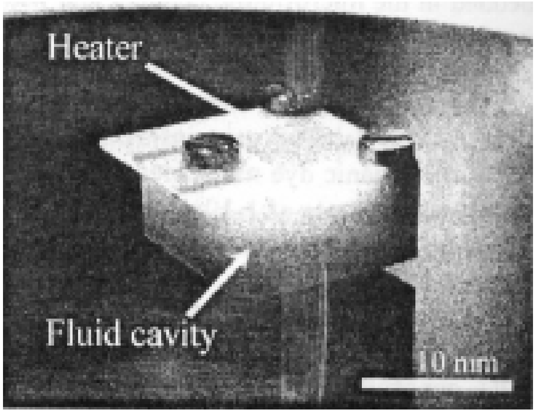

Fig. 2. Dispenser chamber with a heater integrated in a printed circuit board on top. Electrical connections are on the left.

Components

색소 레이저 chip은 10 mm x 20 mm x 1 mm 크기이고 내부의 마이크로 channel은 높이가 10 μm이고 너비가 1mm이다. High order Bragg grating의 근거를 둔 레이저 구조는 마이크로 channel에 끼워져 있고 도파관이 빛을 chip의 모서리로 유도 한다. Channel의 입구와 출구는 0.8 mm 직경의 구멍을 뚫어 놓았는데 chip의 유리 뚜껑에까지 연결된다. 작동시에는 Rhodamine 6G (20 mMol)가 ethylene glycol에 녹아있는 레이저 색소 용액이 channel로 펌프를 이용하여 이송된다. 레이저 색소는 주파수가 2배가 된 Nd:YAG 레이저(532 nm)에 의하여 여기되어 레이저 공명기 안에서 증폭된다. 광학적으로 여기 상태가 되면 레이저 공명기 안의 유기 색소 분자가 서서히 사라져 새로운 색소 용액을 1-10 μL/h의 유속으로 공급하여야 한다. 이전의 실험에서는 마크로한 syringe 펌프를 사용하여 색소를 공급하였으나 마이크로 chip 외부의 주변장치가 마이크로 chip의 장점을 제한하게 된다.

액체 주입기는 부피가 14 mm x 15 mm x 8 mm이고, 탄화수소를 포함하고 있는 마이크로 고분자 구와 glycerine의 화합물 (Expancel® 820DU, concentration:

0.7 g/mL glycerine)로 되어있다. 화합물에 열이 가해지면 고분자 구가 팽창하여 cavity에서 액체가 사출된다. Cavity안에서 화합물과 액체는 탄성이 있는 얇은 고분자 막으로 분리되어 있는데 이 것은 화합물로 인한 액체의 오염을 방지하기 위해서이다. 주입기의 cavity는 100 μL의 색소 액체를 포함하고 있는데 이 양이면 레이저를 10시간 작동할 수 있다. 주입기의 유속은 주입기의 가열기에 전달되는 전력을 조절함으로써 1 μL/h 에서 2400 μL/h 까지 조절이 가능하다. 현 적용대상에서 작동하는 유속은 1 에서 10 μL/h이며 작동이 시작할 때에는 훨씬 높은 유속이 필요하다. 재사용이 가능한 주입기는 일정한 시간 동안만 사용할 수 있으며 사용한 주입기는 준비된 새 주입기와 쉽게 교체할 수 있다.

EXPERIMENTAL

레이저 chip과 액체 주입기는 O-ring을 이용하여 연결되어 있는데 start-up시를 위하여 두 unit 사이에 최소의 부피가 존재한다. 레이저 chip으로 주입되어 흘러들어가는 액체는 가열기에 전달되는 전류에 의하여 조절되며 전류에 의하여 액체가 반응하는 시간은 2 초 정도이다. 주입되는 액체의 부피는 레이저 chip 출구에 연결된 모세관의 눈금을 읽어 측정할 수 있고 가열기 출력이 301 mW인 경우에 레이저에 투입되는 색소의 부피를 시간의 함수로 Fig. 6에 나타내었다. 레이저의 스펙트럼을 Fig. 5에 나타내었다. 주입기가 작동할 때 유체는 39.5 °C 이상으로 올라가지 않는데 이 온도는 chamber 안에 놓여있는 온도 센서 (Mitsubishi TN10)에 의하여 결정되고 device로부터 열전도에 의하여 간섭을 피하기 위하여 얇은 구리선에 연결되어있다. 이 온도는 액체 색소 용액에 영향을 주지 않는다 (critical temperature ~ 140 °C).

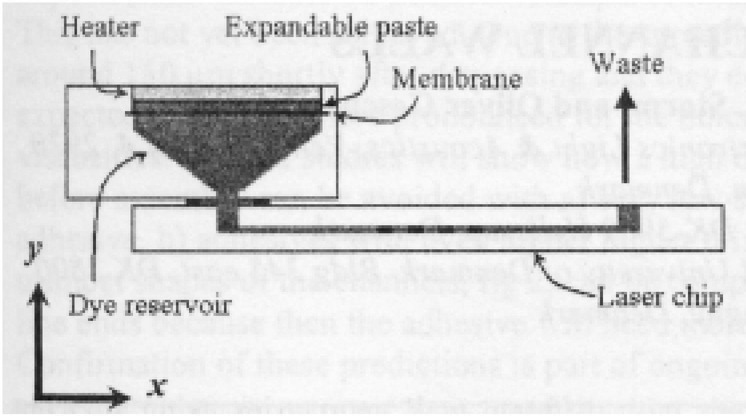

Fig. 3. Outline of dispenser principle and dye solution flow through system.

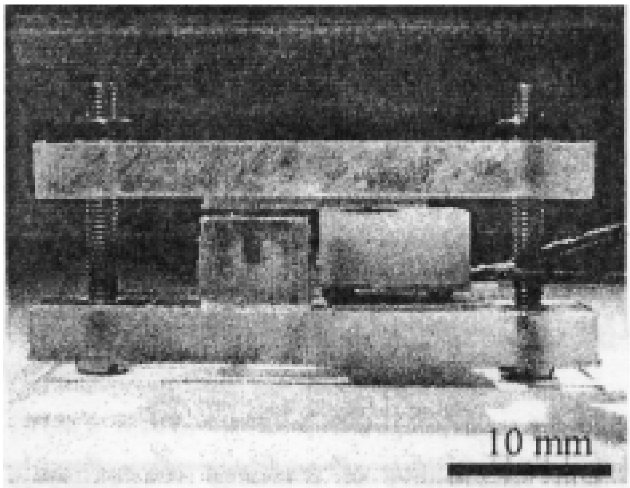

Fig. 4. Realized assembly after priming of laser with dye and attaching electrical connection to the heater. The left cube represents a waste chamber.

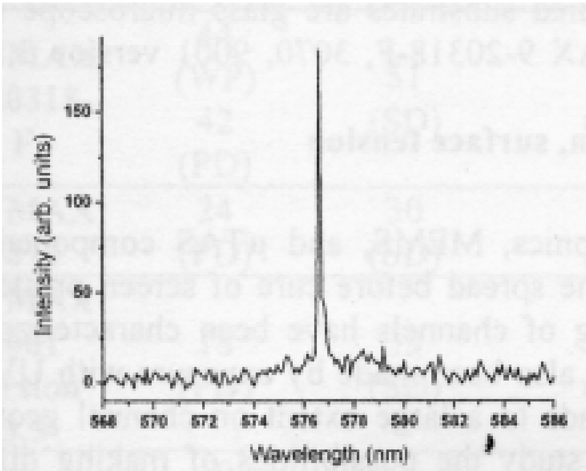

Fig. 5. Output spectrum from laser during operation with dispenser, and optically pumped by a frequency doubled Nd:YAG laser.

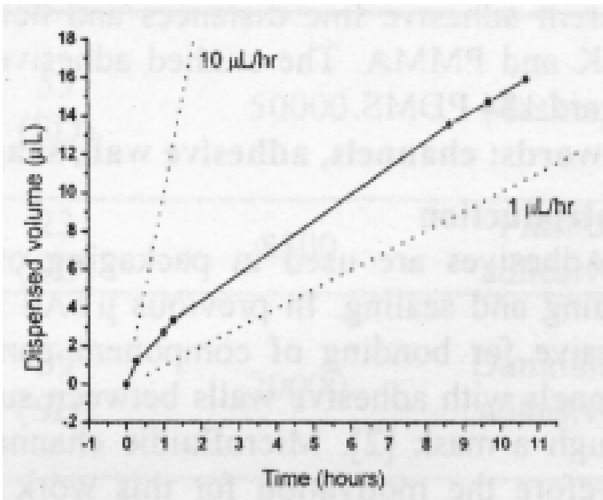

Fig. 6. Dispensed volume of dye solution through laser at 301 mW heater power, as function of time. The maximum temperature of liquid in the dispenser during actuation was measured to 39.5 °C.

CONCULUSION

외부의 optical pump source와 전기 연결선만 필요한 컴팩트하고 일회용이며 가격이 저렴한 초소형 색소 레이저 device를 개발하였다. 유체를 처리하는 매우 큰 장치를 사용하지 않음으로써 실험실이 아닌 고분자 마이크로 chip을 야외에서 portable한 용도로 마이크로 분석 시스템에서 사용하는데 한층 다가가게 되었다.