오버드라이브 방식을 이용한 전기습윤 구동 속도 개선

Improvement of the EWOD response speed by applying overdrive voltages

채정병 [1], 이정현 [1], 김무경 [2], *#정상국 [1]

J. B. Chae[1], J. H. Lee[1], M. G. Kim[2], *#S. K. Chung[1](skchung@mju.ac.kr)

[1] 명지대학교 기계공학과, [2] 동지고등학교

Key words : Microfluidics, Lab-on-a-chip, Electrowetting-on-Dielectric (EWOD)

1. 서론

최근 바이오(bio) 관련 산업들이 빠르게 성장하면서 '디지털 미세유체역학(digital microfluidics)' 에 대한 관심이 높아지고 있다. 이는 간단한 2 차원 구조의 미소유체 칩(microfluidic chip)을 이용하여 수 마이크로리터(μl) 이하의 미소 액적(droplet)들을 효율적으로 이송(transporting), 병합(merging), 분리(cutting) 등의 역할들을 수행할 수 있기 때문이다. 이러한 디지털 미세유체역학에서 가장 대표적인 기술이 바로 전기습윤(electrowetting-on-dielectric)이다[1].

전기습윤은 소수성 절연체로 코팅된 전극(electrode) 위의 전해질 액적에 외부전압을 인가 시 액적의 접속각이 변하는 현상을 말한다 (그림 1 참조). 이러한 전기습윤 기술은 낮은 소비전력으로 극소량의 유체를 제어할 수 있어 랩온어 칩(Lab-on-a-chip), 유체렌즈(liquid lens), 전기습윤 디스플레이(electrowetting display) 등과 같은 다양한 분야에 응용되고 있다[1].

하지만 전기습윤 기술을 이용한 응용 제품의 상용화를 위해서는 몇 가지 해결해야 될 문제점들이 남아 있다. 그 중 한가지가 응답 속도(response speed) 개선에 관한 것이다. 현재 이를 해결하기 위해 다양한 연구그룹에서 온도제어 방법을 포함한 여러 가지 연구가 진행되고 있지만, 전기습윤 시스템의 물리적 변화를 수반하며 공정기술이 복잡해지는 문제점들이 있다[2].

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 오버드라이브 전압(overdrive voltage) 인가

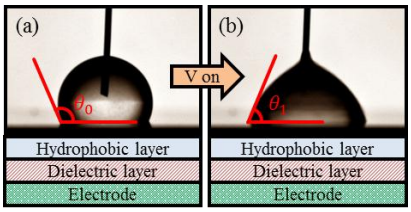

Fig. 1 Schematic diagram of Electrowetting-on-dielectric (EWOD)

방식을 이용하여 전기습윤 시스템의 물리적 변화 없이 구동속도를 효과적으로 개선하는 것에 관한 연구를 수행하였다.

2. 실험 결과

오버드라이브 전압 인가 방식을 이용한 전기습윤 시스템의 응답 특성을 확인하기 위해 소수성 절연막으로 코팅된 전극 [10(W)×60(L)×1(T) mm^3] 한 쌍을 그림 2 와 같이 물이 담긴 수조[70(W)×25(L)×25(H) mm^3] 내 수면에 수직으로 위치시켰다. 그리고 함수발생기와 전압증폭기를 이용하여 만들어진 정현파 신호를 자체 개발한 컴퓨터 프로그램과 DAQ 보드를 이용하여 두 전극으로 동시에 0 V 부터 200 V 까지 10 V 단위로 인가하였다.

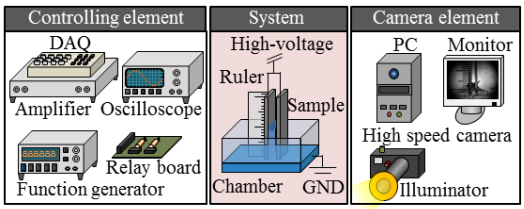

Fig. 2 Schematic diagram of experimental setups

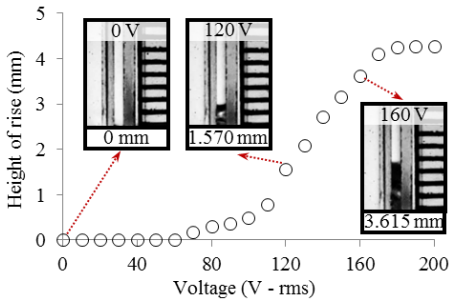

Fig. 3 Measurement of the heights of a column of water in different applied voltages

그림 3 은 각 전압 별 전극 사이로 올라오는 물기둥의 높이를 고속 카메라(high speed camera)를 이용하여 계측한 결과이다.

인가 전압의 크기에 따른 전기습윤의 응답 속도를 검토하기 위하여 저전압(130 V)과 고전압(150 V)에서의 물기둥의 높이 변화를 고속 카메라를 이용하여 관찰하여 보았다 (그림 4 참조). 그 결과 130 V 를 기준으로 임계 높이(saturation height) 2.093 mm 에 도달하는데 걸리는 시간이 저전압에서는 약 40 ms 가 걸린 반면 고전압에서는 약 25 ms 가 걸린 것을 확인하였다.

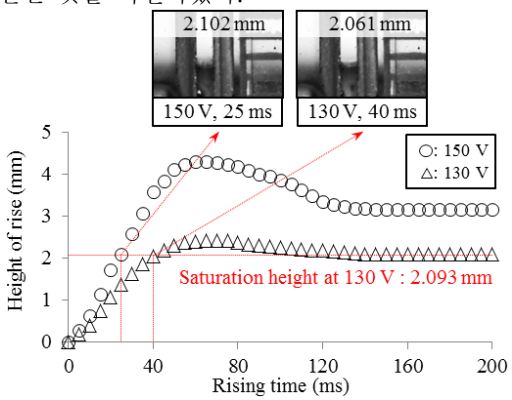

Fig. 4 Measurement of the heights of a column of water with respect to time.

인가 전압의 크기에 따른 응답 속도의 결과를 바탕으로 오버드라이브 전압 인가 방식을 사용하여 1 차 전압으로 150 V 를 25 ms 인가 한 후 2 차 전압으로 130 V 를 인가하여 기존 단일 전압 인가 방식 대비 응답속도 향상을 검토하였다 (그림 5 참조). 그 결과 단일 전압 인가 방식으로 130 V 만 인가했을 때 보다 오버드라이브 전압 인가 방식을 사용하여 초기 150 V 를 25 ms 동안 인가 했을 때 응답 시간이 약 37.5 % 단축되며 응답 속도가 1.6 배 향상 된 것을 확인 할 수 있었다.

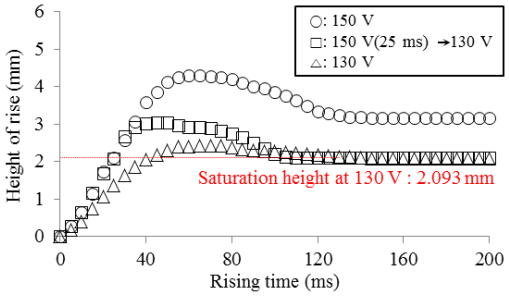

Fig. 5 Comparison of the response time between normal applied voltages and overdrive voltages

3. 결론

본 논문에서는 기존 단일 전압 인가 방식 대비 오버드라이브 전압 인가 방식이 전기습윤 시스템의 응답 속도에 미치는 영향을 검토하였다. 향후 본 연구결과는 다양한 전기습윤 응용분야에 적용되어 응답속도의 개선효과를 가져올 수 있으리라 판단된다.

후기

이 논문은 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0025039).

참고문헌

1. S. K. Chung, K. Rhee, and S. K. Cho, “Bubble actuation by electrowetting-on-dielectric (EWOD) and its applications: A review,” International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 11 (6), pp. 991-1006, 2010.
2. X. Hu, S. Zhang, X. Lu, C. Qu, L. Lu, X. Ma, X. Zhang, Y. Deng, “On the performance of thermostable electrowetting agents,” Surface and Interface Analysis, Vol. 44, pp. 478-483, 2011