

Laser 를 이용한 전자 종이 패널의 과도 응답 측정 방법

Transient response measurement method of e-paper by a laser

*#김승택¹, 조경용¹, 박문수¹, 진경찬¹, 김철호¹

*#S. Kim(stkim@kitech.re.kr)¹, K.Y. Cho¹, M.S. Park¹, K.C. Jin¹, C.H. Kim¹

¹한국생산기술연구원 스마트시스템연구그룹

Key words : Electronic paper, Transient response, Laser, Scattered light

1. 서론

전자 종이는 전자 디스플레이의 기능과 종이의 기능을 동시에 갖는 디스플레이 소자의 하나이다. 다양한 종류의 전자 종이 구현 방법들이 제안되었으나, 근래에는 전기 영동 방식의 전자 종이와 우수한 동작 특성으로 주목 받고 있다. 전기 영동 방식의 전자 종이의 종류는 E-ink, Microcup, Twist Ball 과 같은 습식 전자 종이와 Quick Response - Liquid Particle Display (QR-LPD)와 같은 건식 전자 종이로 나눌 수 있다[1]. 건식 전자 종이는 습식 전자 종이에 비해서 응답 속도에서 우수하나, 구동 전압이 다소 높은 단점을 가지고 있어, 구동 전압을 낮추기 위한 다양한 노력들이 진행되고 있다.

본 논문은 전자 종이의 성능 평가 중 하나인 과도 응답 특성의 평가를 위해서 가시광 파장대역의 Laser 를 이용하여 인가 전압에 따른 전자 종이의 입자 반응 속도를 간접적으로 평가하는 방법에 대한 연구로, 실험 결과는 전자 종이 구동에 있어서 전압 유지 시간의 설계에 중요한 요소로 이용될 수 있을 것이다.

2. 실험 방법

Fig. 1 의 (a)는 E-ink 기반의 Monochrome Flexible 타입 전자 종이의 샘플 사진이며, (b)는 Color Rigid QR-LPD 의 샘플 사진이다. Fig. 2 는 QR-LPD 의 구조와 Laser 를 이용한 Transient Response 를 측정하기 위한 실험 셋업을 나타내었다. Fig. 2 에서 보는 바와 같이 양으로 하전된 흑색 입자와 음으로 하전된 백색 입자가 Ribs 으로 구분되어 있는 공간인 셀에 같이 주입된다. 상판전극과

하판전극 사이에 인가된 전압에 의해서 생성되는 전기의 크기와 방향에 따라서 주입된 두 종류의 하전 입자가 두 전극 사이를 천이하면서, 전자 종이 패널에 있는 셀의 표면 색상을 백색 또는 흑색으로 나타낼 수 있다. 전자 종이 패널 상판에 Laser 를 이용하여 특정 셀에 광신호를 조사시키면, 셀의 표면 색상이 표면 색상(백색 또는 흑색)에 따라 산란되는 광의 크기가 달라지게 되며, 이를 Photodiode 를 이용하여, 입자의 천이에 의한 백색과 흑색의 색상 변화의 속도를 측정할 수 있다.

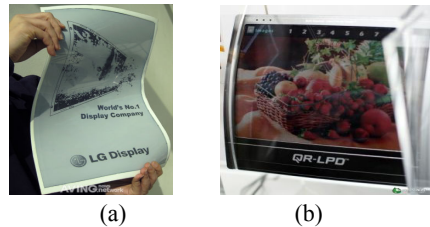


Fig. 1 Examples of electronic paper; (a) the monochrome flexible type and (b) the color rigid type

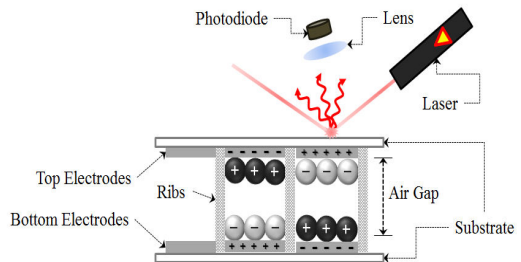


Fig. 2 Schematic illustration for the experimental setup to measure transient responses of electronic paper.

Fig. 2 의 전자 종이 단면 구조에서 고전압 발생 장치의 Negative 포트를 하판 전극에, Positive 포트를 상판 전극에 연결하였다.

고전압 발생 장치의 Positive 포트의 출력 전압을 사각 파형으로 $+V_D$ 와 $-V_D$ 를 번갈아 인가하였다. 이때, 상판 전극에 $+V_D$ 가 걸릴 경우, 전계의 방향은 아래로 향하게 되고, 반대로 상판 전극에 $-V_D$ 가 인가되는 경우, 전계 방향은 위로 향하게 되어, 각 전압에 따라 두 종류의 하전 입자가 각기 다른 방향으로 움직일 수 있도록 인가파형을 설정하였고, 그 때의 인가 파형의 V_D 를 Input Swing Voltage 로 정의하였다.

3. 실험 결과

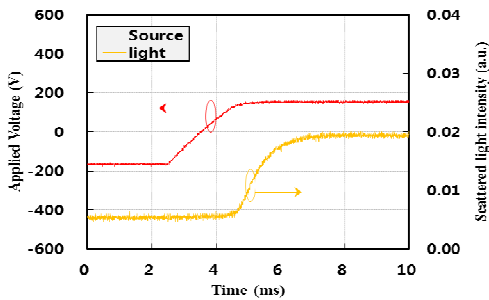


Fig. 3 The voltage source waveform at $V_D=160V$ (left) and the scattered light intensity at the color change (right) when the air gap was $80\ \mu m$.

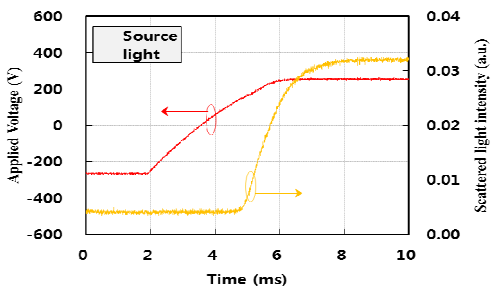


Fig. 4 The voltage source waveform at $V_D=260V$ (left) and the scattered light intensity at the color change (right) when the air gap was $80\ \mu m$.

Fig. 3 과 Fig. 4 에서 상판에 인가되는 전압 파형을 적색으로 나타내었으며, 인가 전압에 반응하여 입자의 전이가 발생할 때의 산란광의 크기 변화의 파형을 측정된 파형을 주황색으로 나타내었다. Fig. 3 은 V_D 가 160V 에서 측정된 결과이며, Fig. 4 는 V_D 가 260V 에서 측정된

결과이다. 두 그림에서 보는 바와 같이 입자의 전이에 의한 산란광의 Rising time 은 두 그래프에서 유사한 약 2ms 로 측정되었으며, 인가 전압에 의한 Delay time 은 Fig. 3 에서 약 4.5ms 와 Fig. 4 에서 약 6.0ms 로 각각 측정되었다. 한편, 두 그래프로부터 산란광의 흑색 상태 및 백색 상태의 산란광의 크기 비교를 통해서 V_D 가 160V 보다 260V 에서 산란광의 강도 크기 차이가 더 커짐을 알 수 있어, 간접적으로 Fig. 4 의 인가 전압에서 백색과 흑색의 상대적 차이인 Contrast 가 더 우수할 것으로 판단할 수 있다.

Fig. 5 는 Input swing voltage 에 따른 산란광의 백색과 흑색에서의 크기 차이를 나타낸 그래프이다.

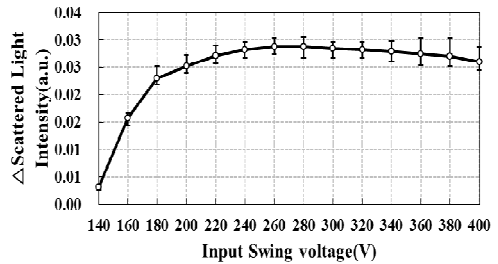


Fig. 5 The scattered light intensity vs. input swing voltage.

4. 결론

양으로 하전된 흑색 입자와 음으로 하전된 백색 입자를 이용하여 Air gap 이 $80\ \mu m$ 를 갖도록 전자 종이 샘플 패널을 제작하였다. 인가 전압 조절을 통해서 백색 입자와 흑색 입자가 두 전극간을 전이할 때 반응 속도를 Laser 의 산란광의 측정을 통해서 간접적으로 측정하였다. 이를 통해서 전자 종이의 Contrast 와 Delay time 은 인가 전압에 영향을 받으며, Rising time 은 Air gap 에 영향이 커짐을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 전자 종이 구동 및 설계에 활용될 수 있을 것으로 판단한다.

참고문헌

1. Reiji Hattori et al, "A novel bistable reflective display using quick-response liquid powder," J. of SID, **12**, 75-88, 2004.