(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년09월09일
(11) 등록번호 10-0857745
(24) 등록일자 2008년09월03일

(51) Int. Cl.
G02F 1/133 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2005-7018733
(22) 출원일자 2005년09월30일
심사청구일자 2007년02월15일
번역문제출일자 2005년09월30일
(65) 공개번호 10-2005-0116160
(43) 공개일자 2005년12월09일
(86) 국제출원번호 PCT/US2004/010091
국제출원일자 2004년03월31일
(87) 국제공개번호 WO 2004/090857
국제공개일자 2004년10월21일
(30) 우선권주장
60/320,070 2003년03월31일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
US6320565 A
US5663772 A
US5923340 A
전체 청구항 수 : 총 16 항

(73) 특허권자
이 잉크 코포레이션
미국 매사추세츠주 캠브리지 콩코드 애버뉴 733 (우:02138)
(72) 발명자
아만슨 칼 알
미국 02138 매사추세츠주 캠브리지 트로브리지 스트리트 91아파트먼트 넘버 21
제너 로버트 더블유
미국 02474 매사추세츠주 알링턴 에디트 스트리트 7
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인코리아나

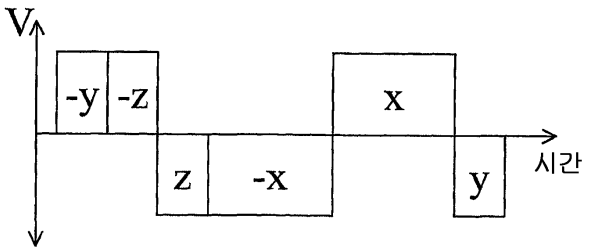
심사관 : 김범수

(54) 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법

(57) 요 약

그레이 스케일 쌍안정 전기 광학 디스플레이는 천이들을 위해 필요한 임펄스들을 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계, 적어도 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계, 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계, 및 그 화소에 인가된 화소전압을 나타내는 출력 신호를 생성하는 단계에 의해 구동된다. 보상 전압을 나타내는 보상 전압 데이터는 각각의 화소에 대하여 저장되며, 각각의 화소에 대한 보상 전압은 그 화소에 이전에 인가된 하나 이상의 임펄스에 따라 계산되며, 그 화소 전압은 화소의 초기 및 최종 상태와 검색 테이블로부터 결정된 구동 전압과 그 화소에 대한 보상 전압 데이터로부터 결정된 보상 전압의 합이다. 또한, 그러한 디스플레이들을 구동하기 위한 다른 유사한 방법들이 개시되었다.

대 표 도 - 도20



(72) 발명자

나이언 아라

미국 02465 매사추세츠주 뉴턴 체리 스트리트 90

시온 벤자민

미국 16801 펜실베이니아주 스테이트 콜리지 이스트 니터니애비뉴 135 아파트먼트 넘버 501

(30) 우선권주장

60/320,207 2003년05월05일 미국(US)

60/481,669 2003년11월19일 미국(US)

60/481,675 2003년11월20일 미국(US)

60/557,094 2004년03월26일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

각각이 3개 이상의 그레이 레벨 (gray level) 을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법으로서,

초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스들을 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

적어도 상기 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

상기 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

상기 하나 이상의 화소에 인가될 화소 전압을 나타내는 출력 신호를 생성하는 단계를 포함하며,

상기 디스플레이의 각각의 화소에 대한 보상 전압을 나타내는 보상 전압 데이터를 저장하며, 상기 화소에 대한 상기 보상 전압은 그 화소에 미리 인가된 하나 이상의 임펄스에 따라 계산되고,

상기 화소 전압은 상기 화소의 초기 및 최종 상태와 상기 검색 테이블로부터 결정된 구동 전압과, 상기 화소에 대한 상기 보상 전압 데이터로부터 결정된 보상 전압의 합인, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

각각의 화소에 대한 상기 보상 전압은 상기 화소의 하나 이상의 일시 이전 상태 (temporal prior state) 및 상기 화소의 그레이 레벨 이전 상태 (gray level prior state) 에 따라 계산되는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

각각의 화소에 대한 상기 보상 전압은 구동 전압이 상기 화소에 인가되고 있는 기간 동안과 구동전압이 상기 화소에 인가되고 있지 않은 홀드 기간 (hold period) 동안 모두 그 화소에 인가되는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

각각의 화소에 대한 상기 보상 전압은 상기 디스플레이의 완전한 어드레싱을 위해 필요한 각각의 슈퍼프레임 동안에 업데이트되는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

각각의 화소에 대한 상기 보상 전압은

(1) 관련 슈퍼프레임 동안에 인가되는 펄스에 무관한 일정한 알고리즘을 이용하여 상기 보상 전압의 이전 값을 변경하는 단계; 및

(2) 단계 (1) 로부터의 값을 상기 관련 슈퍼프레임 동안에 인가되는 상기 펄스에 의해 결정된 양만큼 증가시키는 단계에 의해 업데이트되는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

각각의 화소에 대한 상기 보상 전압은

(1) 상기 보상 전압의 이전 값을 일정한 상수로 나누는 단계; 및

(2) 단계 (1) 로부터의 값을 관련 슈퍼프레임 동안에 상기 전기광학 디스플레이에 인가되는 전압/시간 곡선 아래의 총 면적에 비례하는 양만큼 증가시키는 단계에 의해 업데이트되는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 보상 전압은 하나 이상의 구동 펄스의 말단에 인가되는 지수 감쇠 전압의 형태로 인가되는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 8

쌍안정 전기광학 디스플레이를 구동하는 장치 제어기로서,

초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스들을 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블, 적어도 상기 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터, 상기 디스플레이의 각각의 화소에 대한 보상 전압 데이터 모두를 저장하도록 구성된 저장 수단;

상기 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 입력 수단;

상기 입력 신호, 상기 화소의 상기 초기 상태를 나타내는 상기 저장 수단의 데이터, 및 상기 검색 테이블로부터 상기 하나 이상의 화소의 상기 초기 상태를 원하는 최종 상태로 변경시키는데 필요한 구동 전압을 결정하고, 또한, 상기 화소에 대한 상기 보상 전압 데이터로부터 상기 화소에 대한 보상 전압을 결정하고, 화소 전압을 결정하기 위하여 상기 구동 전압과 상기 보상 전압을 합하는 계산 수단; 및

상기 화소 전압을 나타내는 출력 신호를 생성하는 출력 수단을 포함하는, 쌍안정 전기광학 디스플레이를 구동하는 장치 제어기.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

복수의 행과 열로 정렬되어 각각의 화소가 특정 행과 특정 열의 교차점에 의해 고유하게 규정되는 복수의 화소, 및 상기 화소의 표시 상태를 변화시키기 위하여 상기 화소들의 각각에 무관하게 전기장을 인가하는 구동 수단을 갖되, 각각의 화소는 3개 이상의 상이한 표시 상태를 가지는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 업데이트 방법으로서,

상기 디스플레이의 전체가 아닌 일부를 포함하는 규정된 영역을 나타내는 영역 데이터를 저장하는 단계;

각각의 화소에 대하여 그 화소가 상기 규정된 영역의 내부 또는 외부에 있는지를 판정하는 단계; 및

상기 규정된 영역 내의 화소들에 제 1 구동 방식을 적용하고, 상기 규정된 영역 이외의 화소들에는 상기 제 1 구동 방식과 상이한 제 2 구동 방식을 적용하는 단계를 포함하는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 업데이트 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 구동 방식은 비트 깊이에 있어서 상이한, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 업데이트 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이 할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법으로서,

초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

적어도 상기 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

상기 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

상기 하나 이상의 화소의 초기 상태를 상기 화소의 원하는 최종 상태로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 출력 신호를 상기 검색 테이블로부터 결정된대로, 생성하는 단계를 포함하며,

초기 상태로부터 최종 상태로의 하나 이상의 천이에 대하여, 상기 출력 신호는 DC 불균형된 미세 조정 시퀀스 (DC imbalanced fine tuning sequence) 를 포함하며, 상기 시퀀스는,

(a) 논-제로 (non-zero) 네트 임펄스를 갖고;

(b) 불연속 (non-contiguous) 이고;

(c) 상기 시퀀스의 DC 기준 펄스 (reference pulse) 의 광학 상태의 변화와 50% 초과로 상이한 화소의 그레이 레벨의 변화를 발생시키고, 상기 DC 기준 펄스는 전압 V_0의 펄스이며, V_0는 상기 미세 조정 시퀀스 동안 인가되는 최대 전압이지만 상기 미세 조정 시퀀스의 네트 임펄스 G와 동일한 부호를 갖고, 상기 기준 펄스의 지속시간은 G/V_0 이며;

(d) 상기 시퀀스의 시간-기준 펄스에 의해 야기된 그레이 레벨의 변화보다 크기가 더 작은 화소의 그레이 레벨의 변화를 발생시키고, 상기 시간-기준 펄스는 상기 미세 조정 시퀀스와 동일한 지속시간의 단일 극성 (monopolar) 전압 펄스로서 정의되지만, 상기 기준 펄스의 부호는 그레이 레벨에서 더 큰 변화를 초래하는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법으로서,

초기 상태로부터 최종 상태로의 상기 화소의 변화에 필요한 출력신호를 상기 디스플레이의 각각의 화소에 인가하는 단계를 포함하며,

상기 화소의 초기 및 최종 상태가 상이한 하나 이상의 천이에 대하여, 상기 출력 신호는 +V와 -V 중 하나와 동일한 전압 레벨을 갖는 2개 이상의 펄스들에 선행하고 후속하는 0의 전압 레벨을 갖는 펄스로 구성되는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 32

각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법으로서,

초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스들을 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

적어도 상기 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

상기 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

상기 하나 이상의 화소의 초기 상태를 상기 화소의 원하는 최종 상태로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 출력 신호를 상기 검색 테이블로부터 결정된대로 생성하는 단계를 포함하며,

초기 상태로부터 최종 상태로의 하나 이상의 천이에 대하여, 상기 출력 신호는 DC 균형유지된 미세 조정 시퀀스

를 포함하며,

상기 시퀀스는,

(a) 제로 네트 임펄스를 갖고;

(b) 상기 미세 조정 시퀀스의 어느 포인트에서도, 상기 화소의 그레이 레벨을 상기 미세 조정 시퀀스의 시작에서 상기 화소의 그레이 레벨로부터, 상기 화소의 2개의 극단적인 광학 상태 사이의 그레이 레벨의 차이의 3분의 1 보다 크게 변화시키지 않는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 33

삭제

청구항 34

각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법으로서,

상기 화소를 초기 상태로부터 최종 상태로 변화시키는데 필요한 출력 신호를 상기 디스플레이의 각각의 화소에 인가하는 단계를 포함하며,

하나 이상의 천이에 대하여 상기 출력 신호는 논-제로이지만 DC 균형유지된, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

하나 이상의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법으로서,

$J = \int_0^T V(t)M(T-t)dt$ 가 1 volt sec 미만이도록, 파형 V(t) 를 상기 화소에 인가하는 단계를 포함하는,

(T는 상기 파형의 길이이고, 적분은 상기 파형의 지속시간에 걸쳐 이루어지며, V(t) 는 시간 t의 함수로서 파형 전압이고, M(t)는 시간 0에서의 짧은 펄스로부터 발생하는 체류시간-의존 (dwell-time-dependence) 을 유도하는 잔여 전압의 효과 (efficacy) 의 감소인 것을 특징으로 하는 메모리 함수인,) 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

제 46 항에 있어서,

J는 $J = \int_0^T V(t)\exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right)dt$ 에 의해 계산되며,

τ는 감쇠 (완화) 시간인, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법.

청구항 50

삭제

명 세 서

<1> 본 발명은 국제 출원 PCT/US02/37241에 관한 것이다. 공개번호 WO/ 03/044765의 그 전체 내용은 여기에 참조로서 포함된다.

<2> 본 발명은 전기 광학 디스플레이, 특히 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동을 위한 방법에 관한 것이며, 또한 본 출원은 그러한 방법에 사용하기 위한 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로는, 본 발명은 전기 광학 디스플레이의 화소의 그레이 상태의 보다 정확한 제어를 할 수 있도록 의도된 구동 방법 및 장치 (제어기들) 에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 전기영동 (electrophoretic) 디스플레이에 인가되는 구동 임펄스들의 장기간의 직류 균형 유지 (long-term direct current balancing) 를 가능하게 하는 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 배타적으로는 아니지만, 하나 이상의 전기적으로 대전된 입자들이 액체상에서 서스펜드되어 있고 그 액체를 통하여 전기장의 영향하에서 그 디스플레이의 표시를 변화시키기 위해 이동하는 입자기반 전기영동 디스플레이에 사용하도록 의도된다.

<3> "전기-광학"이란 용어는, 물질 또는 디스플레이에 적용되는 경우에, 여기서는 영상분야에서 하나 이상의 광학 성질에 있어서 상이한 제 1 및 제 2 표시 상태를 가지며, 그 물질에 전기장이 인가되면 제 1 표시 상태로부터 제 2 표시 상태로 변화하는 물질을 언급하기 위한 종래의 의미로 사용되었다. 광학 성질은 통상적으로 육안으로 인지가능한 컬러이지만, 기계 판독 (machine reading) 용 디스플레이의 경우에 광투과, 반사율, 발광 (luminescence), 또는 가시 영역 밖의 전자기 파장의 반사율 변화의 관점에서 의사-컬러 (pseudo-color) 등과 같은 다른 광학적 성질이 될 수 있다.

<4> "그레이 상태"란 용어는 영상 분야에서 화소의 양극단의 광학 상태를 매개하는 상태를 언급하기 위한 종래의 의

미로 사용되었으며, 이들 양극단 사이의 블랙-화이트의 천이를 내포할 필요는 없다. 예를 들어, 다수의 특허 및 공개된 출원이, 양극단의 상태가 화이트와 진한 블루이어서 중간 "그레이 상태"가 실제로 연한 블루인 전기영동 디스플레이들을 후술하도록 언급하였다. 실제로, 전술한 바와 같이, 양극단 상태 사이의 천이는 전혀 컬러를 변화시킬 필요는 없다.

<5> "쌍안정의 (bistable)" 및 "쌍안정성 (bistability)"이란 용어는 해당 분야에서 하나 이상의 광학 성질에 있어서 상이한 제 1 및 제 2 표시 상태를 갖는 디스플레이 소자들을 포함하며, 일정 지속시간 (duration) 의 펄스를 어드레스함으로써 주어진 소자가 그것의 제 1 표시 상태 또는 제 2 표시 상태 중의 하나를 취하도록 구동되고 펄스 어드레싱의 종료 이후에 그 상태가 디스플레이 소자의 상태를 변화시키기 위해 필요한 펄스 어드레싱의 최소 지속시간의 적어도 여러배, 예를 들어 4배 동안 지속되는 디스플레이를 언급하기 위한 그들의 종래 의미로 사용되었다. 공개된 미국 특허 출원 제 2002/0180687호에는, 그레이 스케일이 그것의 양극단인 블랙과 화이트 상태일 때뿐만이 아니라 그것의 중간 그레이 상태에서도 안정적인 능력이 있는 일정한 입자-기반 (particle-based) 전기영동 디스플레이가 개시되어 있으며, 전기-광학 디스플레이의 일정한 다른 형태에서도 그러하다. 여기서, "쌍안정"이란 용어는 편의상 쌍안정 디스플레이 및 멀티-안정 디스플레이 모두를 포괄하기 위해서 사용될 수 있지만, 이런 형태의 디스플레이는 엄밀히, 쌍안정보다는 "멀티-안정"이라고 불린다.

<6> "감마 전압"이란 용어는 디스플레이의 화소에 인가될 전압을 결정하는데 드라이버에 의해 이용되는 외부 전압 기준을 언급하기 위해 사용하였다. 쌍안정 전기광학 매체는 인가된 전압과 액정의 광학 상태 특성 사이의 1 대 1 상관의 유형을 디스플레이하는 것이 아니며, 여기서의 "감마 전압"이란 용어의 사용은 감마 전압이 전압 레벨/출력 전압 곡선의 변환점을 결정하는 종래의 액정 디스플레이에서와 정확히 동일하지는 않다는 것을 이해하여야 한다.

<7> "임펄스"라는 용어는 시간에 대한 전압의 적분의 종래 의미로 사용되었다. 그러나, 일부 쌍안정 전기 광학 매체는 전하 변환기 (charge transducer) 로서 행동하며, 그런 매체를 갖는 임펄스의 대안적인 정의 즉, (총 인가된 전하와 동일한) 시간에 대한 전류의 적분이 사용될 수 있다. 그 매체가 전압-시간 임펄스 변환기로서 행동하는지 또는 전하 임펄스 변환기로서 행동하는지 여부에 따라, 임펄스의 적절한 정의가 사용되어야 한다.

<8> 전기-광학 디스플레이의 여러 형태가 알려져 있다. 전기-광학 디스플레이의 한 유형으로는 예를 들어, 미국 특허 5,808,783; 5,777,782; 5,760,761; 6,054,071; 6,055,091; 6,097,531; 6,128,124; 6,137,467; 및 6,147,791호에 기재된 바와 같은 회전 이색성 멤버형 (rotating bichromal member type) (비록 이런 유형의 디스플레이가 종종 "회전 이색성 볼 (rotating bichromal ball)" 디스플레이라고 불리지만, 전술된 특허 일부에서는 회전 멤버가 구형이 아닌 것들이 있기 때문에 "회전 이색성 멤버"란 용어가 더 정확하여 선호된다) 이다. 이런 디스플레이는 상이한 광학 성질을 갖는 2개 이상의 부분을 갖는 다수의 (통상적으로 구형 또는 원통형의) 작은 바디들과 1개의 내부 쌍극자를 사용한다. 이들 바디들은 행렬내의 액체-충전 공포 (liquid-filled vacuole) 안에서 서프펜드되어 있으며, 공포는 액체로 충전되어 있어서 바디들이 회전하는 것이 자유롭다. 거기에 전기장을 인가하고 이에 따라 바디들을 다양한 위치로 회전시키고, 표시 화면을 통하여 보이는 바디의 부분들을 변화시킴으로써 디스플레이의 외관이 변화한다. 이런 전기-광학 매체의 유형은 통상적으로 쌍안정적이다.

<9> 전기-광학 디스플레이의 다른 유형은, 일렉트로크로믹 (electrochromic) 매체, 예를 들어, 적어도 부분적으로 반도체 금속 산화물로 형성된 전극과 그 전극에 부착되어 원상회복가능한 (reversible) 색깔 변화 능력이 있는 다수의 염료 분자들을 포함하는 나노크로믹막 (nanochromic film) 의 형태의 일렉트로크로믹 매체를 사용하며, 예를 들어, O'Regan, B.,등의 1991년 Nature지 353, 737과 Wood, D., Information Disply, 18(3), 24 (2002년 3월) 을 참조하라. 또한, Bach, U., 등의 Adv. Mater., 2002, 14(11), 845를 참조하라. 또한, 예를 들어, 미국 특허 제 6,301,038호 및 국제출원 공개 번호 WO 01/27690, 및 미국 출원 번호 2003/0214695호에 이런 유형의 나노크로믹막이 개시되어 있다. 또한, 이런 유형의 매체는 통상적으로 쌍안정적이다.

<10> 다년간 중점적인 연구 및 개발의 주제가 되어온 다른 형태의 전기-광학 디스플레이는 전기장의 영향하에서 복수의 대전된 입자가 서스펜딩 유동체 (fluid) 를 통하여 이동하는 입자-기반 전기영동 디스플레이이다. 전기영동 디스플레이는 액정 디스플레이와 비교할 때, 우수한 휘도 및 콘트라스트 (contrast), 넓은 시야각, 상태 쌍안정성, 및 낮은 전력 소모의 특성을 가질 수 있다. 그럼에도 불구하고, 이런 디스플레이의 장기간 사용에 대한 화상 품질에 관한 문제는 그것이 널리 사용되는 것을 방해하여 왔다. 예를 들어, 전기영동 디스플레이를 구성하는 입자들은 침전 (settle) 하려는 성향이 있어, 이들 디스플레이의 사용-수명 (service-life) 에 부적절함을 야기한다.

<11> MIT (Massachusetts Institute of Technology) 및 E INK사에게 양도된 수많은 특허와 출원은 캡슐화된 전기영동 매체를 개시하고 있다. 그런 캡슐화된 매체는 다수의 작은 캡슐들을 포함하며, 이들 각각은 그 자체로 액체 서스펜딩 매체내에 서스펜드되어 있는 전기영동적으로-이동하는 입자들을 포함하는 내부 페이즈를 포함하며 그 내부 페이즈를 둘러싸는 캡슐 벽을 포함한다. 통상적으로, 그 캡슐들은 폴리머 바인더 내에 자체적으로 고정되어 2개의 전극 사이에 위치된 코히어런트 (coherent) 층을 형성한다. 이런 유형의 캡슐화된 매체는 예를 들어, 미국 특허 5,930,026; 5,961,804; 6,017,584; 6,067,185; 6,118,426; 6,120,588; 6,120,839; 6,124,851; 6,130,773; 6,130,774; 6,172,798; 6,177,921; 6,232,950; 6,249,721; 6,252,564; 6,262,706; 6,262,833; 6,300,932; 6,312,304; 6,312,971; 6,323,989; 6,327,072; 6,376,828; 6,377,387; 6,392,785; 6,392,786; 6,413,790; 6,422,687; 6,445,374; 6,445,489; 6,459,418; 6,473,072; 6,480,182; 6,498,114; 6,504,524; 6,506,438; 6,512,354; 6,515,649; 6,518,949; 6,521,489; 6,531,997; 6,535,197; 6,538,801; 6,545,291; 6,580,545; 6,639,578; 6,652,075; 6,657,772; 6,664,944; 6,680,725; 6,683,333; 6,704,133호 및 미국 특허 출원 공개 번호 2002/0019081; 2002/0021270; 2002/0053900; 2002/0060321; 2002/0063661; 2002/0063677; 2002/0090980; 2002/0106847; 2002/0113770; 2002/0130832; 2002/0131147; 2002/0145792; 2002/0171910; 2002/0180687; 2002/0180688; 2002/0185378; 2003/0011560; 2003/0011868; 2003/0020844; 2003/0025855; 2003/0034949; 2003/0038755; 2003/0053189; 2003/0096113; 2003/0102858; 2003/0132908; 2003/0137521; 2003/0137717; 2003/0151702; 2003/0189749; 2003/0214695; 2003/0214697; 2003/0222315; 2004/0008398; 2004/0012839; 2004/0014265; 2004/0027327; 및 국제 특허출원 고개 번호 WO 99/67678; WO 00/05704; WO 00/38000; WO 00/38001; WO 00/36560; WO 00/67110; WO 00/67327; WO 01/07961; WO 01/08241; WO 03/092077; WO 03/107,315호에 개시되어 있다.

<12> 전술한 많은 특허 및 출원은, 예를 들어, 전술한 2002/0131147을 참고하면, 캡슐화된 전기영동 매체 내의 개별 캡슐을 둘러싼 벽이 연속 페이즈에 의해 교체될 수 있고, 따라서 전기영동 매체가 전기영동 유동체의 복수의 개별 방울 (droplet) 및 폴리머형 물질의 연속 페이즈를 포함하는 소위 폴리머-분산형 (polymer-dispersed) 전기영동 디스플레이를 생성한다는 사실, 및 그런 폴리머-분산형 전기영동 디스플레이내 전기영동 유동체의 개별 방울들이, 개별 캡슐 박막 (membrane) 이 각각 개별 방울과 연관되지 않은 경우에도, 캡슐 또는 마이크로캡슐로서 간주될 수 있다는 사실을 인식하고 있다. 따라서, 본 출원의 목적들을 위하여 그러한 폴리머-분산형 전기영동 매체는 캡슐화된 전기영동 매체의 서브-종들로서 간주된다.

<13> 캡슐화된 전기영동 디스플레이는 통상적으로 종래 전기영동 디바이스들의 클러스터링 (clustering) 및 세틀링 실패 모드 (settling failure mode) 를 겪지 않으며, 유연하거나 딱딱한 다양한 종류의 기판 상에 디스플레이를 프린트하거나 코팅하기 위한 능력과 같은 보다 많은 장점을 제공한다. ("프린팅"이란 단어의 사용은 제한없이, 패치 다이 코팅 (patch die coating), 슬롯 또는 분출 (slot or extrusion) 코팅 , 슬라이드 또는 캐스캐이드 코팅, 커튼 코팅과 같은 프리-메터드 (pre-metered) 코팅; 나이프 오버 롤 코팅 (knife over roll coating), 포워드 및 리버스 롤 코팅 (forward and reverse roll coating) 과 같은 롤 코팅; 그라비어 코팅 (gravure coating); 딥 코팅 (dip coating); 스프레이 코팅; 매니스커스 코팅 (meniscus coating); 스핀 코팅; 브러시 코팅; 에어 나이프 코팅 (air knife coating); 실크 스크린 프린팅 프로세스; 정전기 프린팅 프로세스; 열 프린팅 프로세스; 잉크젯 프린팅 프로세스; 및 다른 유사한 기술들을 포함하여 프린팅과 코팅의 모든 형태를 포함하는 것으로 의도된다.) 따라서, 결과적인 디스플레이는 융통성이 있다. 또한, 디스플레이 매체가 (다양한 방법을 이용하여) 프린트될 수 있기 때문에, 디스플레이 자체는 저가로 제조될 수 있다.

<14> 전기영동 디스플레이의 관련 형태는 소위 "마이크로셀 전기영동 디스플레이"이다. 마이크로셀 전기영동 디스플레이에서, 대전된 입자 및 서스펜딩 유동체는 캡슐 내부에 캡슐화되지 않고, 대신 통상적으로 폴리머형 막인 캐리어 매체 안에 형성된 복수의 캐비티 (cavity) 내에 유지되어 있다. 예를 들어, Sipix Image, Inc.에 양도된 국제 출원 공개번호 WO 02/01281 및 미국 특허 출원 공개번호 2002/0075556호를 참조하라.

<15> 전기 광학 매체는 (예를 들어, 많은 전기영동 매체에서, 입자들은 실질적으로 디스플레이를 통한 가시광의 전달을 막기 때문에) 종종 불투명하고 반사형 모드로 작동하지만, 많은 전기영동 디스플레이는 하나의 표시 상태가 실질적으로 불투명하고 하나는 광-투과형 (light-transmissive) 인 소위 "셔터모드"로 동작하도록 제조될 수 있다. 예를 들어, 전술한 미국 특허 번호 6,130,774 및 6,172,798 및 미국 특허 번호 5,872,552; 6,144,361; 6,271,823; 6,225,971; 6,184,856호를 참조하라. 전기영동 디스플레이와 유사하나 전기장 강도 변화에 의존하는 비전기영동 (dielectrophoretic) 디스플레이는 유사한 모드로 동작가능하다; 미국 특허 4,418,346호를 참조하라.

<16> 입자기반 전기영동 디스플레이 및 유사한 방식으로 디스플레이하는 다른 전기 광학 디스플레이의 쌍안정 또는

멀티안정 특성은 종래의 액정 ("LC") 디스플레이에 비하여 현저히 다르다. 트위스트된 네마틱 액정은 쌍안정 또는 멀티안정이 아니나, 전압 변환기처럼 행동하며, 따라서 그러한 디스플레이의 화소에 주어진 전기장의 인가는 그 화소에 미리 제공된 그레이 레벨에 무관하게 그 화소에 특정 그레이 레벨을 만든다. 또한, LC 디스플레이는 (비투과형 또는 "다크"로부터 투과형 또는 "라이트"로) 한 방향만으로 구동되며, 밝은 상태에서 어두운 상태로의 역방향 천이는 전기장의 감소 내지 제거에 의해 영향을 받는다. 결국, LC 디스플레이의 화소의 그레이 레벨은 전기장의 극성에 민감하지 않으며, 단지 전기장의 크기에 민감하며 실제로 기술적인 요인으로 상업용 LC 디스플레이는 일반적으로 자주 구동 전기장의 극성을 역전시킨다.

<17> 반대로, 쌍안정 전자-광 디스플레이는 제1 근사치에서, 임펄스 변환기와 같이 행동하며, 화소의 최종 상태는 인가된 전기장 및 전기장이 인가된 시간 뿐만 아니라, 전기장의 인가 이전의 화소의 상태에도 의존한다. 또한, 적어도 많은 입자기반 전기 광학 디스플레이의 경우에 있어서, (육안이나 표준 광학 기구에 의해 측정되는 것처럼) 그레이 레벨에서의 동일한 변화를 통하여 주어진 화소를 변화시키는데 필요한 임펄스는, 일정할 필요가 없고 또한 상호적 (commutative) 일 필요도 없다는 것이 현재 발견되고 있다. 예를 들어, 각각의 화소가 유익하게는 이격된 0 (화이트), 1, 2, 3 (블랙) 인 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 디스플레이를 가정해본다. (그 레벨들 간의 간격은, 육안이나 기구에 의해 측정되는 바와 같이 퍼센트 반사율에 있어 선형일 수 있으나 다른 간격들이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 간격은 L* 에서 선형일 수 있으며, (여기서 L*는 일반적인 CIE 정의를 가지며,

<18> $L^*=116(R/R_0)^{1/3}-16$이고,

<19> 여기서, R은 반사율이며, R_0는 표준 반사율 값이다) 또는 특정 감마를 제공하도록 선택될 수 있으며, 2.2의 감마가 종종 모니터용으로 채택되며, 여기서 현재의 디스플레이들은 모니터의 대체로서 사용되고 유사한 감마의 사용이 바람직할 수 있다.) 화소를 레벨 0에서 레벨 1로 변화 (이후 편리상 "0-1 천이"으로 칭함) 시키는데 필요한 임펄스는 종종 1-2 천이 또는 2-3 천이에 필요한 것과 동일하지 않다는 것이 발견되었다. 또한, 1-0 천이에 필요한 임펄스는 0-1 천이의 역과 동일할 필요는 없다. 또한, 일부 시스템은 "메모리" 효과를 디스플레이하여, (say) 0-1 천이에 필요한 임펄스는, 특정 화소가 0-0-1, 1-0-1 또는 3-0-1 천이를 겪는지 여부에 다소 의존하여 변화한다. ("x-y-z"표기에서, x, y, z는 모두 광학 상태 이고, 0, 1, 2, 3은 시간에 따라 처음부터 나중으로 연속적으로 겪는 광학 상태의 시퀀스를 표시한다.) 이들 문제는, 원하는 화소들을 다른 상태로 구동하기 전에 상당 기간동안 극단의 상태 중의 하나로 디스플레이의 모든 화소를 구동함으로써 감소되거나 극복될 수 있지만, 솔리드 컬러의 결과적인 "플래시 (flash)"는 종종 수용불가능하며, 예를 들어, 전자북의 독자는 책의 텍스트가 화면의 스크롤 다운되기를 바랄 것이고, 만일 디스플레이가 솔리드 블랙 또는 화이트를 자주 플래시하여야 하는 경우에는 독자들은 방해받거나 그가 읽던 곳을 잊어버리게 될 것이다. 또한, 그와 같은 디스플레이의 플래시는 에너지 소모를 증가시키고, 그 디스플레이의 작동 수명시간을 감소시키게 된다. 결과적으로, 적어도 일정한 경우에, 특정 천이에 필요한 임펄스는 디스플레이의 온도 및 총 동작 시간에 의해 영향받는다는 것과, 특정 화소가 주어진 천이 이전에 특정 광학 상태로 유지되어온 시간에 의해 영향받는다는 것과, 이들 팩터들에 대한 보상이 정확한 그레이 스케일 연출 (rendition) 을 보장하는데 바람직하다는 것이 발견되었다.

<20> 또한, 전술한 내용으로부터 명백한 바와 같이, 쌍안정 전기광학 매체의 구동 요구사항은 쌍안정 전기광학 매체 기반 디스플레이의 사용에는 적절하지 않은 액티브 행렬 액정 디스플레이 (AMLCD) 를 구동하도록 디자인된 변경되지 않은 드라이버를 제공한다. 그러나, 그러한 AMLCD 드라이버는 광범위하게 허용되는 전압 범위와 높은 핀-카운트 패키지를 가지고 기성품 (off-the-shelf) 으로 쉽게 상업적으로 이용가능하고 비싸지 않으며, 그러한 AMLCD 드라이버는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동에 적합하지만, 반면 쌍안정 전기광학 매체 기반 디스플레이를 위해 주문형으로 디자인된 유사한 드라이버는 실질적으로 보다 비싸며 상당한 디자인과 생산 시간을 수반할 것이다. 따라서, 쌍안정 전기광학 디스플레이에 사용하기 위한 AMLCD 드라이버의 수정은 비용 및 개발 시간면에서 유리하며, 본 발명은 이것이 수행될 수 있게 하는 수정된 드라이버 및 방법을 제공하는 것이다.

<21> 또한, 이미 설명한 바와 같이, 본 발명은 디스플레이에 인가되는 구동 임펄스의 장기간의 DC-균형유지를 가능하게 하는 전기영동 디스플레이의 구동을 위한 방법에 관한 것이다. 캡슐화된 또는 다른 전기영동 디스플레이는, 이미지 안정성을 보유하고 균형잡힌 (symmetrical) 스위칭 특성을 유지하고, 그 디스플레이의 최대 유용 작동 수명 시간을 제공하기 위하여, 정확하게 DC-균형된 파형으로써 구동될 필요가 있다 (즉, 디스플레이의 임의의 특정 화소에 대한 시간에 대한 전류의 적분은 그 디스플레이의 연장된 동작 기간동안 0으로 홀드되어야 한다). 정확한 DC-균형을 유지하기 위한 종래의 방법은 정밀-조정된 전원장치, 그레이 레벨에 대하여 정밀

전압-조절된 드라이버 및 타이밍을 위한 크리스탈 오실레이터를 요구하며, 이들 및 유사한 구성요소들의 제공은 그 디스플레이의 비용을 매우 증가시킨다.

<22> (엄밀히 말해서, DC-균형은 전기광학 매체 자체에 의해 겪는 전압을 고려하여 "내부적으로" 측정되어야 한다. 그러나, 실제상 수십만개의 화소를 포함할 수 있는 동작중인 디스플레이내에서 그러한 내부 측정을 달성하는 것은 비실용적이며, 실제상 DC-균형은 "외부적" 측정 즉, 전기 광학 매체의 반대측에 배치된 전극들에 인가된 전압을 이용하여 측정된다. DC-균형을 언급할 때, 보통으로 2가지 가정을 한다. 첫째는, 보통으로 당연히, 전기광학 매체의 전도성은 극성의 함수가 아니며, 따라서 일정한 전압이 인가될 때 펄스 길이는 DC 균형유지를 트랙하기 위한 적절한 방법이라고 당연하게 가정된다. 둘째는, 전기광학 매체의 전도성은 인가된 전압에 비례하며 DC 균형유지를 트랙하기 위하여 임펄스를 사용할 수 있다고 가정된다).

<23> 이후에, "슈퍼프레임"이라는 용어는 초기 이미지로부터 최종 이미지까지 모든 필요한 그레이 레벨 변화를 달성하기 위해 필요한 연속적인 디스플레이 스캔 프레임의 시퀀스를 나타내기 위해 사용된다. 통상적으로, 디스플레이의 업데이트는 슈퍼프레임의 시작시에만 개시된다.

<24> 전술한 WO 03/044765는 각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법을 개시한다 (디스플레이 분야에서 종래와 같이, 극단적인 블랙 및 화이트 상태는 그레이 레벨의 카운팅의 목적을 위해서 2개의 그레이 레벨로 간주된다.) 그 방법은,

<25> 초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

<26> 적어도 그 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

<27> 그 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

<28> 상기 하나의 화소의 초기 상태를 그 원하는 최종 상태로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 출력 신호를 검색 테이블로부터 결정된 신호로서 생성하는 단계를 포함한다.

<29> 이 방법은 이하 편의상 "기본 검색 테이블 방법"이라고 칭한다.

<30> 저장된 이전 상태의 수에 따라서, 검색 테이블 방법에서 사용되는 검색 테이블은 매우 커질 수 있다. 극단적인 일례를 들자면, 초기, 최후 및 2개의 이전 상태를 감안한 알고리즘을 이용한 256 (2^8) 개의 그레이 레벨 디스플레이를 위한 검색 테이블 방법을 고려하라. 그 필요한 4차 검색 테이블은 2^{32}개의 입력들을 갖는다. 만일 각각의 입력이 (say) 64 비트 (8 바이트) 를 요구한다면, 검색 테이블의 총 크기는 대략 32 Gbyte가 될 것이다. 이러한 양의 데이터의 저장이 데스크톱 컴퓨터에서는 아무런 문제를 야기하지 않지만, 휴대용 장치에서는 문제가 생길 수도 있다. 다른 관점에서, 본 발명은 검색 테이블 방법과 유사한 결과를 달성하지만 매우 큰 검색 테이블의 저장을 요구하지는 않는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법을 제공한다.

<31> 본 발명의 일 관점은, 디스플레이의 일부가 그 디스플레이의 나머지와 상이한 비트 깊이 (즉, 그레이 스케일 레벨의 상이한 수) 에서 동작하도록 하는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 전술한 WO 03/044765호의 도 11a 및 도 11b 에 도시된 톱니 (sawtooth) 구동 방법의 설명으로부터, 다수의 그레이 스케일 레벨을 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 일반적인 이미지 플로우의 연속 이미지들 사이의 천이는, 동일한 디스플레이가 모노크롬 모드로 구동되는 경우에 비하여, 실질적으로 더 길어질 수 있다는 점은 본 기술분야의 당업자에게 자명하다. 통상적으로, 그레이 스케일 천이는 대응하는 모노크롬 천이의 4배까지 길어질 수 있다. 상대적으로 느린 그레이 스케일 천이는, 디스플레이가 일련의 사진이나 전자 북의 연속적인 페이지와 같은 일련의 이미지를 제공하는데 사용될 경우에 바람직하지 않다. 그러나, 그러한 디스플레이의 규정된 영역의 신속한 업데이트를 달성하는데 유용할 때가 있다. 예를 들어, 사용자가, 데이터베이스로부터의 이미지들의 추후 검색을 촉진하기 위해 의도된 키워드나 다른 인덱싱 용어를 각각의 사진에 기입하기 위하여, 데이터베이스에 저장된 일련의 사진들의 리뷰를 위해 그러한 디스플레이를 채용하는 경우를 고려해보자. 이런 경우에, 연속적인 사진들 사이의 상대적으로 느린 천이는 허용가능하며, 예를 들어, 만일 사용자가 각각의 사진을 검색하고 그 인덱싱 용어를 결정하는데 1 내지 2분을 소비하는 경우에, 연속적인 사진들 사이의 1 내지 2초의 천이는 사용자의 생산성에 크게 영향을 미치지 않는다. 그러나, 부족한 프로세싱 능력을 갖는 컴퓨터 상에서 워드 프로세싱 프로그램을 실행하려는 사용자라면 누구나 알고 있듯이, 사용자에 의해 기입되는 인덱싱 용어가 디스플레이되는 다이얼로그 박스의 업데이트에서의 1 내지 2초의 지연은 매우 실망스럽고 많은 타이핑 에러를 유발하기 쉽다. 따라서, 이러한 상황이나 유사한 상황에서는, 신속한

천이를 허용하는 모노크롬 모드로 다이얼로그 박스를 실행시키고, 이미지가 정확히 재생될 수 있도록 하는 그레이 스케일 모드로 그 디스플레이의 나머지를 계속하여 실행하는 것이 유익하며, 본 발명은 이러한 것이 달성될 수 있도록 하는 방법 및 장치를 제공한다.

<32> 본 발명의 다른 관점은 미세 전압 제어에 대한 필요없이 임펄스 구동 이미지 매체의 그레이 레벨의 미세 제어를 달성할 수 있는 방법에 관한 것이다. 전술하였지만, 전기영동 및 일부 다른 전기광학 디스플레이는 쌍안정성을 나타내며, 이 쌍안정성은 무제한적이지 않고, 디스플레이 상의 이미지는 시간이 흐름에 따라 느리게 사라지며 따라서 이미지가 연장된 기간동안 유지되어야 하는 경우에, 이미지가 최초로 기입되었던 광학 상태로 그 이미지를 회복시키기 위하여 그 이미지는 주기적으로 리프레시 되어야 할 수 있다.

<33> 그러나, 이미지의 그러한 리프레시는 그 자체로 문제를 유발할 수 있다. 전술한 미국특허 제 6,531,997호 및 6,504,524호에 개시된 바와 같이, 문제들이 발생할 수 있으며, 만일 그 디스플레이를 구동하는데 사용되는 방법이 전기광학 매체에 걸쳐 전기장이 인가되는 네트 시간-평균이 0이 되지 않는다면, 디스플레이의 작동 수명 시간은 감소된다. 전기광학 매체에 걸쳐 전기장이 인가되는 네트 시간-평균이 0인 구동 방법은 편의상 "직류 균형유지" 또는 "DC 균형유지"라고 칭한다. 만일 리프레시 펄스들을 인가함으로써 이미지가 연장된 기간 동안 유지되어야 한다면, 이들 펄스는 그 디스플레이의 관련 화소를 유지중인 광학 상태로 구동하기 위해 원래 사용된 어드레싱 펄스와 동일한 극성일 필요가 있고 이는 DC 불균형 구동 방식을 초래한다.

<34> 임펄스 구동 매체에서의 정확한 그레이 스케일 레벨을 달성하기 위한 노력은 그 원하는 그레이 톤을 달성하기 위하여 적절한 전압 임펄스를 인가하는 것이다. 광학 상태들간의 만족스러운 천이는 모든 구동 파형 또는 그 일부의 전압의 미세 제어에 의해 달성될 수 있다. 정밀도에 대한 요구는 다음의 예로부터 이해될 수 있다. 현재의 이미지가 반은 블랙이고 반은 화이트인 스크린으로 구성되고, 원하는 다음의 이미지가 블랙과 화이트 사이를 매개하는 균일한 그레이인 경우를 가정해보자. 균일한 그레이 레벨을 달성하기 위하여, 블랙으로부터 그레이, 그리고 화이트로부터 그레이로 진행되는데 이용되는 임펄스들은, 블랙으로부터 달성되는 그레이 레벨과 화이트로부터 달성되는 그레이 레벨이 매치되도록, 미세하게 조절되어야 한다. 만일 달성된 최종 그레이 레벨이 그 디스플레이의 이전의 그레이 레벨 이력 (history) 의 함수인 경우라면 미세 조정은 더욱 필요하다. 예를 들어, 전술한 바와 같이, 블랙으로부터 그레이로 이동할 때 달성되는 광학 상태는 인가된 파형의 함수일 뿐만 아니라 현재의 블랙 상태 이전에 도달하였던 상태의 함수일 수 있다. 그리고, 디스플레이 모듈이 이전의 이미지 상태와 같은 디스플레이 이력의 일정 국면을 기억하고, 파형의 미세 조정이 이런 이전 상태 이력을 보상하도록 허락하는 것이 바람직하다 (이점에 관한 보다 상세한 설명을 위해 아래 참조).

<35> 임펄스의 미세 조정은 고정밀도로 인가된 펄스의 폭을 조절함으로써 단지 3개의 전압 레벨 (0, +V, -V) 을 이용하여 달성될 수 있다. 그러나, 이것은 액티브 행렬 디스플레이에 대하여는 바람직하지 않은데, 높은 펄스 폭 해상도를 달성하기 위해 프레임 레이트가 증가되어야 하기 때문이다. 높은 프레임 레이트는 디스플레이의 전력 소모를 증가시키며, 전자부품의 제어 및 구동에 보다 많은 요구를 하게 한다. 따라서, 액티브 행렬 디스플레이를 실질적으로 약 60-75Hz 이상의 프레임 레이트로 동작시키는 것은 바람직하지 않다.

<36> 임펄스의 미세 조정은, 다수의 미세하게 차이나는 (finely-spaced) 전압이 사용가능한 경우에, 달성될 수 있다. 액티브 행렬 구동에서, 이것은 소스 드라이버가 적어도 사용가능한 전압들의 서브세트에서 사용가능한 전압의 다수의 세트 중 하나를 출력할 수 있을 것을 요구한다. 예를 들어, -10 내지 +10 볼트 사이를 출력하는 드라이버에 대하여, 사용가능한 0V, 및 -10 과 -7V 사이 및 7과 10V 사이의 전압의 2개의 밴드를 갖고, -10과 -7V 사이에 16개의 개별 전압 레벨들과 7과 10V 사이에 16개의 개별 전압 레벨로 필요한 전압 레벨의 총 개수가 33 (표 1 참조) 이 되도록 하는 것이 유리할 수도 있다. 그러면, 예를 들어, 어드레싱 기간의 마지막 1개 이상의 스캔 프레임 동안 +7과 +10 V사이 또는 -10과 -7V 사이에서 전압을 변화시킴으로써, 광학 최종 상태의 미세 제어를 달성할 수 있다. 이 방법은 수용가능한 디스플레이 성능을 달성하기 위한 전압-조절 (voltage-modulated) 기술의 일례이다.

<37> <표 1> 전압 조절 구동에 필요한 전압들의 예

-10.0 V	-7.8 V	8.0 V
-9.8 V	-7.6 V	8.2 V
-9.6 V	-7.4 V	8.4 V
-9.4 V	-7.2 V	8.6 V
-9.2 V	-7.0 V	8.8 V
-9.0 V	0.0 V	9.0 V
-8.8 V	7.0 V	9.2 V
-8.6 V	7.2 V	9.4 V
-8.4 V	7.4 V	9.6 V
-8.2 V	7.6 V	9.8 V
-8.0 V	7.8 V	10.0 V

<38>

<39> 전압-조절 기술을 이용할 경우의 단점은 드라이버가 미세 전압 제어의 일정 범위를 가져야만 한다는 것이다. 디스플레이 조절 비용은 단지 2개 내지 3개의 전압을 제공하는 드라이버를 이용함으로써 감소될 수 있다.

<40> 다른 관점에서, 본 발명은 특히, 임펄스의 제어가 너무 조악하여 (coarse) 수용가능한 디스플레이 성능을 위해 필요한 미세 조정을 달성하기가 어려운 경우에, 단지 사용가능한 전압들의 작은 세트만을 갖는 드라이버를 사용하는 그레이 레벨의 미세 제어를 달성하는 방법을 제공하고자 한다. 따라서, 본 발명의 이런 관점은 미세 전압 제어를 할 필요없이 임펄스 구동된 이미지 매체의 그레이 레벨의 미세 제어를 달성하는 방법을 제공하고자 한다. 본 발명의 이런 관점은 예를 들어, 2개 내지 3개의 전압을 출력할 수 있는 소스 드라이버를 갖는 액티브 행렬 디스플레이에 적용될 수 있다.

<41> 다른 관점에서, 본 발명은 적어도 일부 직류 (DC) 균형유지된 천이를 포함하는 구동 방식을 이용하는 전기광학 디스플레이의 구동 방법에 관한 것이다. 전술한 동시 계류중인 출원에서 상세히 설명한 이유 때문에, 전기광학 디스플레이를 구동할 때, DC 균형이 유지된 즉, 광학 상태의 임의의 시퀀스에 대하여 최종 광학 상태가 초기 광학 상태에 매치될 때마다 인가된 전압의 적분이 0인 특성을 갖는, 구동 방식을 사용하는 것이 바람직하다. 이것은 전기광학 층에 의해 경험되는 네트 DC 불균형이 주지의 값으로 제한된다는 것을 보장한다. 예를 들어, 15V, 300ms 펄스가 전기광학 층을 화이트에서 블랙 상태로 구동하는데 사용될 수 있다. 이 천이 이후에, 이미지 층은 4.5V의 DC 불균형 임펄스를 경험한다. 그 필름을 다시 화이트로 구동하기 위하여, 만일 -15V, 300ms 펄스가 사용된다면, 그 이미지 층은 일련의 화이트에서 블랙으로의 천이와 블랙에서 화이트로의 천이에 걸쳐 DC 균형유지된다.

<42> 또한, 적어도 천이의 일부가 그 자체로 DC 균형유지된 구동 방식을 사용하는 것이 바람직하다는 것이 발견되고, 그러한 천이를 이하 "DC 균형이 유지된 천이"이라 칭한다. DC 균형이 유지된 천이는 네트 전압 임펄스를 갖지 않는다. DC 균형유지된 천이만을 채용하는 구동 방식 파형은 각각의 천이 이후에 전기광학 층이 DC 균형유지되도록 한다. 예를 들어, 15V, 300ms 펄스에 의해 추종되는 -15V, 300ms 펄스는 화이트로부터 블랙으로 전기광학 층을 구동하는데 사용될 수 있다. 이 천이 동안 이 전기광학 층에 걸친 네트 전압 임펄스는 0이다. 그 후, -15V, 300ms 펄스에 의해 추종되는 15V, 300ms 펄스를 사용하여 그 전기광학 층을 블랙에서 화이트로 구동할 수 있다. 다시, 이 천이 동안에 걸친 그 네트 전압 임펄스는 0이다.

<43> 모든 DC 균형유지된 천이 소자를 구성하는 구동 방식은 필연적으로 DC 균형유지된 파형이다. 아래 상세히 설명한 바와 같이, DC 균형유지된 천이 및 DC 불균형이 유지되지 않은 천이를 포함하는 DC 균형유지된 구동 방식을 형성하는 것도 가능하다.

<44> 일 관점에서, 본 발명은 각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법을 제공하는 것이며, 상기 방법은,

<45> 초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

<46> 적어도 그 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

<47> 디스플레이의 각각의 화소에 대한 보상 전압을 나타내는 보상 전압 데이터를 저장하는 단계로서, 임의의 화소에 대한 상기 보상 전압은 그 화소에 미리 인가된 하나 이상의 임펄스에 따라 계산되는 상기 저장 단계;

<48> 그 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

<49> 상기 하나의 화소에 인가될 화소 전압을 나타내는 출력 신호를 생성하는 단계로서, 상기 화소 전압은 그 화소의

초기 및 최종 상태와 검색 테이블로부터 결정된 구동 전압과, 그 화소에 대한 보상 전압 데이터로부터 결정된 보상 전압의 합인 상기 생성 단계를 포함한다.

<50> 이 방법은 이후 편의상 본 발명의 "보상 전압" 방법이라 칭한다.

<51> 이 보상 전압 방법에서, 각각의 화소에 대한 보상 전압은 화소의 일시 이전 상태 (temporal prior state) 중 적어도 하나와 그 화소의 그레이 레벨 이전 상태에 따라 계산될 수 있다. 또한, 각각의 화소에 대한 보상 전압은, 구동 전압이 그 화소에 인가되는 동안과 구동 전압이 그 화소에 인가되지 않는 동안에, 화소에 인가될 수 있다.

<52> 아래 상세히 설명한 이유로, 본 발명의 보상 전압 방법에서 사용되는 보상 전압을 주기적으로 업데이트할 필요가 있다. 각각의 화소에 대한 보상 전압은 각 슈퍼프레임 (그 디스플레이의 완전한 어드레싱을 위해 필요한 기간) 동안에 업데이트될 수 있다. 각각의 화소에 대한 상기 보상 전압은, (1) 관련 슈퍼프레임 동안에 인가되는 펄스에 무관한 일정한 알고리즘을 이용하여 보상 전압의 이전 값을 변경하는 단계; 및 (2) 단계 (1) 로부터의 값을 관련 슈퍼프레임 동안에 인가되는 펄스에 의해 결정된 양만큼 증가시키는 단계에 의해 업데이트될 수 있다. 이 업데이트 과정의 바람직한 변형에서, 각각의 화소에 대한 상기 보상 전압은, (1) 상기 보상 전압의 이전 값을 일정한 상수로 나누는 단계; 및 (2) 단계 (1) 로부터의 값을 관련 슈퍼프레임 동안에 상기 전기광학 매체에 인가되는 전압/시간 곡선 아래의 총 면적에 실질적으로 비례하는 양만큼 증가시키는 단계에 의해 업데이트된다.

<53> 본 발명의 보상 전압 방법에서, 보상 전압은 하나 이상의 구동 펄스의 말단에 인가된 지수 감쇠 전압의 형태로 인가될 수 있다.

<54> 또한, 본 발명은 그러한 보상 전압 방법에서 이용하기 위한 장치 제어기를 제공한다. 그 제어기는,

<55> 초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스들을 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블, 적어도 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터, 디스플레이의 각각의 화소에 대한 보상 전압 데이터 모두를 저장하도록 구성된 저장 수단;

<56> 상기 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 입력 수단;

<57> 상기 입력 신호, 상기 저장된 상기 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터, 및 검색 테이블로부터 상기 하나의 화소의 초기 상태를 원하는 최종 상태로 변경시키는데 필요한 구동 전압을 결정하고, 또한, 상기 화소에 대한 상기 보상 전압 데이터로부터 상기 화소에 대한 보상 전압을 결정하고, 화소 전압을 결정하기 위하여 상기 구동 전압과 상기 보상 전압을 합하는 계산수단; 및

<58> 상기 화소 전압을 나타내는 출력 신호를 생성하는 출력 수단을 포함한다.

<59> 이 제어기에서, 계산 수단은 상기 화소의 일시 이전 상태 및 상기 화소의 그레이 레벨 이전 상태 중 적어도 하나에 따라 상기 보상 전압을 결정하도록 구성될 수 있다. 또한, 출력 수단은 구동 전압이 상기 화소에 인가되고 있는 기간 동안과 구동 전압이 상기 화소에 인가되고 있지 않은 홀드 기간 동안에 상기 보상 전압을 상기 화소에 인가하도록 구성될 수 있다.

<60> 또한, 이 제어기에서, 계산 수단은 상기 디스플레이의 완전한 어드레싱을 위해 필요한 각각의 슈퍼프레임 동안에 각각의 화소에 대한 상기 보상 전압을 업데이트하도록 구성될 수도 있다. 그러한 업데이트를 위하여, 계산 수단은 (1) 관련 슈퍼프레임 동안에 인가되는 펄스에 무관한 일정한 알고리즘을 이용하여 보상 전압의 이전 값을 변경하는 단계; 및 (2) 단계 (1) 로부터의 값을 관련 슈퍼프레임 동안에 인가되는 펄스에 의해 결정된 양만큼 증가시키는 단계에 의해 각각의 화소에 대한 상기 보상 전압을 업데이트하도록 구성될 수 있다. 이 과정의 바람직한 변형에서, 계산 수단은 (1) 상기 보상 전압의 이전 값을 일정한 상수로 나누는 단계; 및 (2) 단계 (1) 로부터의 값을 관련 슈퍼프레임 동안에 상기 전기광학 매체에 인가되는 전압/시간 곡선 아래의 총 면적에 실질적으로 비례하는 양만큼 증가시키는 단계에 의해 각각의 화소에 대한 상기 보상 전압을 업데이트하도록 구성된다.

<61> 그 제어기의 출력 수단은 하나 이상의 구동 펄스의 말단에 인가된 지수 감쇠 전압의 형태로 상기 보상 전압을 인가하도록 구성될 수 있다.

<62> 다른 관점에서, 본 발명은, 복수의 행과 열로 정렬되어 각각의 화소가 특정 행과 특정 열의 교차점에 의해 고유하게 규정되는 복수의 화소, 및 화소의 표시 상태를 변화시키기 위해 화소들의 각각에 무관하게 전기장을 인가

하는 구동 수단을 갖되, 각각의 화소는 3개 이상의 상이한 표시 상태를 가지는, 쌍안정 전기광학 디스플레이의 업데이트 방법을 제공하며,

상기 디스플레이의 전체가 아닌 일부를 포함하는 규정된 영역을 나타내는 영역 데이터를 저장하는 단계;

<63> 삭제

<64> 각각의 화소에 대하여 그 화소가 상기 규정된 영역의 내부 또는 외부에 있는지를 판정하는 단계; 및

<65> 상기 규정된 영역 내의 화소들에 제 1 구동 방식을 적용하고, 상기 규정된 영역 이외의 화소들에는 상기 제 1 구동 방식과 상이한 제 2 구동 방식을 적용하는 단계를 포함한다.

<66> 이 방법은 이후 편의상 본 발명의 "규정된 영역" 방법이라 칭한다.

<67> 이 규정된 영역 방법에서, 상기 제 1 및 제 2 구동 방식은 비트 깊이가 상이하며, 특히, 제 1 및 제 2 구동 방식 중의 하나는 모노크롬일 수 있고, 나머지 하나는 4개 이상의 상이한 그레이 레벨을 갖는 그레이 스케일일 수 있다. 규정된 영역은 상기 디스플레이 상의 텍스트의 기입에 사용되는 텍스트 박스를 포함할 수 있다.

<68> 다른 관점에서, 본 발명은 각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이 할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법을 제공하며, 상기 방법은,

<69> 초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

<70> 적어도 상기 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

<71> 상기 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

<72> 상기 하나의 화소의 초기 상태를 화소의 원하는 최종 상태로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 출력 신호를 상기 검색 테이블로부터 결정된 신호로서 생성하는 단계를 포함하며,

<73> 초기 상태로부터 최종상태로의 하나 이상의 천이에 대하여 상기 출력 신호는 DC 불균형된 미세 조정 시퀀스 (DC imbalanced fine tuning sequence) 를 포함하며, 상기 시퀀스는,

<74> (a) 논-제로 (non-zero) 네트 임펄스를 갖고;

<75> (b) 불연속 (non-contiguous) 이고;

<76> (c) 상기 시퀀스의 DC 기준 펄스 (reference pulse) 의 광학 상태의 변화와 실질적으로 상이한 (통상적으로 50% 초과로 상이한) 화소의 그레이 레벨의 변화를 발생시키고, DC 기준 펄스는 전압 V_0의 펄스이며, V_0는 미세 조정 시퀀스 동안 인가되는 최대 전압이지만 미세 조정 시퀀스의 네트 임펄스 G와 동일한 부호를 갖고, 상기 기준 펄스의 지속시간은 G/V_0 이며;

<77> (d) 상기 시퀀스의 시간-기준 펄스에 의해 야기된 그레이 레벨의 (통상적으로 그 절반 미만의) 변화보다 크기에 있어서 더 작은 화소의 그레이 레벨의 변화를 발생시키며, 시간-기준 펄스는 미세 조정 시퀀스와 동일한 지속시간의 단일 극성 (monopolar) 전압 펄스로서 정의되지만, 기준 펄스의 부호는 그레이 레벨에서 더 큰 변화를 초래한다.

<78> 이 방법 (또한, 아래 정의된 유사한 방법) 은 이후 편의상 본 발명의 "불연속 어드레싱" 방법이라 칭하고, 2개의 방법을 구별할 필요가 있을 때에는, "DC 불균형된 불연속 어드레싱" 방법 과 "DC 균형유지된 불연속 어드레싱" 방법으로 각각 언급될 수 있다.

<79> 이 불연속 어드레싱 방법의 바람직한 형태에서, 미세 조정 시퀀스는 상기 화소의 그레이 레벨을 상기 시퀀스의 시간-기준 펄스에 의해 야기된 그레이 레벨의 변화의 2분의 1보다 작게 변화시킨다.

<80> 또한, 본 발명은 각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법을 제공하며, 상기 방법은,

<81> 초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환하는데 필요한 임펄스들을 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

<82> 적어도 상기 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

<83> 상기 디스플레이의 적어도 하나의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

<84> 상기 하나의 화소의 초기 상태를 화소의 원하는 최종 상태로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 출력 신호를 상기 검색 테이블로부터 결정된 신호로서 생성하는 단계를 포함하며,

<85> 여기서 초기 상태로부터 최종상태로의 하나 이상의 천이에 대하여, 출력 신호는 DC 균형유지된 미세 조정 시퀀스를 포함하며, 상기 시퀀스는,

<86> (a) 실질적으로 제로 네트 임펄스를 갖고;

<87> (b) 미세 조정 시퀀스의 어느 포인트에서도, 화소의 그레이 레벨을 미세 조정 시퀀스의 시작에서의 그레이 레벨로부터 화소의 2개의 극단적인 광학 상태 사이의 그레이 레벨의 차이의 약 3분의 1 보다 크게, 변화시키지 않는다.

<88> 본 발명의 불연속 어드레싱 방법의 두 개의 변형에서, 출력 신호는 통상적으로 상기 미세 조정 시퀀스에 더하여 하나 이상의 단일 극성 구동 펄스를 포함한다. 불연속 출력 신호는 비주기적일 수 있다. 검색 테이블에서의 대부분의 천이에 대하여, 출력 신호는 논-제로 네트 임펄스를 가질 수 있고 불연속일 수 있다. 불연속 출력 신호를 이용하는 하나 이상의 천이에 있어서, 출력 신호는 +V, 0, -V의 전압 레벨을 갖는 펄스만으로 구성될 수 있으며, 바람직하게는 0 전압레벨과 +V 및 -V 중 하나의 전압레벨을 갖는 펄스들만으로 구성된다. 이 방법의 바람직한 변형에서, 불연속 출력 신호를 이용한 하나 이상의 천이에 대하여, 그리고 바람직하게 화소의 초기 및 최종 상태가 상이한 검색 테이블에서의 대부분의 천이에 대하여, 출력 신호는 +V 및 -V 중 하나와 동일한 전압 레벨을 갖는 2개 이상의 펄스들을 선행하거나 후속하는 0의 전압 레벨을 갖는 펄스로 구성된다. 바람직하게는, 천이 테이블은 DC 균형유지된다. 또한, 불연속 출력 신호를 이용하는 하나 이상의 천이에 대하여, 출력신호는 단일 인터벌의 정수배인 일련의 펄스들로 구성될 수 있다.

<89> 또한, 본 발명의 불연속 어드레싱 방법은 상기 하나의 화소의 하나 이상의 일시 이전 상태 및/또는 상기 하나의 화소의 하나 이상의 그레이 레벨 이전 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계, 및 상기 하나 이상의 일시 이전 상태 및/또는 상기 하나의 화소의 하나 이상의 그레이 레벨 이전 상태에 따라 출력 신호를 생성하는 단계를 포함한다.

<90> 본 발명은 각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법을 제공하며, 상기 방법은 그 화소를 초기 상태로부터 최종 상태로 변화시키는데 효과적인 출력 신호를 그 디스플레이의 각각의 화소에 인가하는 단계를 포함하며, 여기서 화소의 초기 상태와 최종 상태가 상이한 하나 이상의 천이에 대하여, 출력 신호는 +V 및 -V 중 하나와 동일한 전압 레벨을 갖는 2개 이상의 펄스들을 선행하거나 후속하는 0의 전압 레벨을 갖는 펄스로 구성된다.

<91> 다른 관점에서, 본 발명은 각각이 3개 이상의 그레이 레벨을 디스플레이할 수 있는 복수의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법을 제공하며, 상기 방법은 그 화소를 초기 상태로부터 최종 상태로 변화시키는데 효과적인 출력 신호를 디스플레이의 각각의 화소에 인가하는 단계를 포함하며, 여기서 하나 이상의 천이에 대하여 출력 신호는 논-제로이나, DC 균형유지된다.

<92> 이 방법은 이후 편의상 본 발명의 "DC 균형유지된 어드레싱" 방법이라 칭한다.

<93> 이 DC 균형유지된 어드레싱 방법에서, 하나 이상의 천이에 대하여, 출력 신호는 길이는 같지만 정반대 부호의 펄스를 후속하는 전압 펄스를 포함하는 제 1 펄스의 쌍을 포함할 수 있다. 출력 신호는 2개의 펄스들 사이에 제로 전압의 기간을 포함하거나, 대안적으로 하나 이상의 펄스들이 제로 전압의 기간에 의해 중단될 수 있다. 또한, 출력 신호는 길이는 같지만 정반대 부호인 제 2 펄스 쌍을 더 포함할 수 있고, 제 2 펄스 쌍은 제 1 펄스 쌍의 길이와 상이한 길이를 가질 수 있다. 제 2 펄스 쌍의 첫번째는 제 1 펄스 쌍의 첫번째와 정반대의 극성을 가질 수 있다. 제 1 펄스 쌍은 제 2 펄스 쌍의 첫번째와 두번째 사이에서 발생할 수 있다.

<94> 또한, 이 DC 균형유지된 어드레싱 방법에서, 전술한 천이에 대하여, 출력 신호는 그 화소를 실질적으로 하나의 광학 레일로 구동하는데 효과적인 하나 이상의 펄스 엘리먼트를 포함할 수 있다.

<95> 아래에서 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법은 DC 균형유지된 천이 및 DC 불균형된 천이의 조합을 이용할 수 있다. 예를 들어, 화소의 초기 및 최종 상태가 동일한 각각의 천이에 대하여, 출력 신호는 논-제로이지만 DC 균형유지된 것일 수 있고, 화소의 초기 및 최종 상태가 동일하지 않은

각각의 천이에 대하여, 출력 신호는 DC 균형유지된 것이 아닐 수 있다. 이런 어드레싱 방법에서, 화소의 초기 및 최종 상태가 동일하지 않은 각각의 천이에 대하여, 출력 신호는 -x/△IP/x의 형태를 가지며, 여기서 △IP는 화소의 초기 및 최종 상태 사이의 임펄스 전위의 차이이며, -x 및 x는 길이는 같지만 정반대 부호의 펄스 쌍이다.

<96> 또한, 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법은,

<97> 화소의 초기 그레이 레벨을 최종 그레이 레벨로 변환시키는데 필요한 임펄스들을 나타내는 데이터를 포함하는 검색 테이블을 저장하는 단계;

<98> 적어도 상기 디스플레이의 각각의 화소의 초기 상태를 나타내는 데이터를 저장하는 단계;

<99> 상기 디스플레이의 하나 이상의 화소의 원하는 최종 상태를 나타내는 입력 신호를 수신하는 단계; 및

<100> 상기 하나의 화소의 초기 상태를 원하는 최종 상태로 변환하는데 필요한 임펄스를 나타내는 출력 신호를 상기 검색 테이블로부터 결정된 신호로서 생성하는 단계를 포함한다.

<101> 또한, 본 발명은 하나 이상의 화소를 갖는 쌍안정 전기광학 디스플레이의 구동 방법으로서,

$$J = \int_0^T V(t)M(T-t)dt$$

<102> (1) 가 약 1 volt sec 보다 작도록, 파형 V(t) 를 상기 화소에 인가하는 단계를 포함하며,

<103> (여기서, T는 파형의 길이이고, 적분은 파형의 지속시간에 걸쳐 이루어지며, V(t) 는 시간 t의 함수로서 파형 전압이고, M(t)는 시간 0에서의 짧은 펄스로부터 발생하는 체류-시간-의존 (dwell-time-dependence) 을 유도하기 위한 잔여 전압의 효과 (efficacy) 를 감소시키는 것을 특징으로 하는 메모리 함수이다). 이 방법은 이후 편의상 본 발명의 "DTD 적분 감소 (reduction)" 방법이라 칭한다. 바람직하게는 J는 약 0.5 volt sec 보다 작고 더욱 바람직하게는 약 0.1 volt sec보다 작다. 사실, J는 가능한 작게 구성되어야 하며, 이상적으로는 0이다.

$$J = \int_0^T V(t)\exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right)dt$$

<104> 이 방법의 바람직한 형태에서, J는 (2) 에 의해 계산되며,

<105> 여기서 τ는 감쇠 (완화) 시간이며, 바람직하게는 약 0.7 내지 약 1.3초의 값을 갖는다.

<106> 도 1a-1e 는 본 발명의 불연속 어드레싱 방법에서 사용될 수 있는 5개의 파형을 도시한다.

<107> 도 2 는 단일 극성 (monopolar) 전압의 다양한 수의 프레임을 이용하는 전기광학 디스플레이의 어드레싱의 문제점을 도시한다.

<108> 도 3 은 본 발명의 불연속 어드레싱 방법을 이용하여 도 2 에 도시된 문제점을 해결하는 하나의 접근법을 도시한다.

<109> 도 4 는 본 발명의 불연속 어드레싱 방법을 이용하여 도 13 에 도시된 문제점을 해결하는 제 2의 접근법을 도시한다.

<110> 도 5 는 본 발명의 불연속 어드레싱 방법에서 이용될 수 있는 파형을 도시한다.

<111> 도 6 은 도 5에 도시된 파형을 생산하도록 본 발명에 따라 수정될 수 있는 베이스 (base) 파형을 도시한다.

<112> 도 7 은 DC 균형을 유지하는 동안 단일 극성 전압의 다양한 수의 프레임을 이용하여 전기광학 디스플레이를 어드레싱하는 경우의 문제점을 도시한다.

<113> 도 8 은 본 발명의 불연속 어드레싱 방법을 이용하여 도 7에 도시된 문제를 해결하는 하나의 접근법을 도시한다.

<114> 도 9 는 본 발명의 불연속 어드레싱 방법을 이용하여 도 7에 도시된 문제를 해결하는 제 2의 접근법을 도시한다.

<115> 도 10 은 하기의 예에서 설명된 바와 같이, 본 발명의 불연속 어드레싱 방법을 이용하지 않고, 명목상 4개의 그레이 레벨 전기광학 디스플레이에서 획득되는 그레이 레벨을 도시한다.

<116> 도 11 은 다양한 불연속 어드레싱 시퀀스들을 이용하여 도 10 에 도시된 것과 같은 동일한 디스플레이로부터 획득된 그레이 레벨을 도시한다.

<117> 도 12 는 본 발명의 불연속 어드레싱 방법에 따른 수정된 구동 방식을 이용하여 도 10 에 도시된 것과 같은 동일한 디스플레이로부터 획득된 그레이 레벨을 도시한다.

<118> 도 13 은 전기 광학 디스플레이의 구동을 위해 사용될 수 있는 단순한 DC 균형유지된 파형을 도시한다.

<119> 도 14 및 도 15 는 제로 전압의 기간을 병합하기 위한 도 13 에 도시된 파형의 2개의 변형을 도시한다.

<120> 도 16 은 구동 펄스의 추가적인 쌍을 포함하기 위해 도 13 에 도시된 파형이 변형되는 방법을 개략적으로 도시한다.

<121> 도 17 은 도 16 에 도시된 방식으로 도 13 의 파형을 변형하여 생산된 하나의 파형을 도시한다.

<122> 도 18 은 도 16 에 도시된 방식으로 도 13 의 파형을 변형하여 생산된 제 2의 파형을 도시한다.

<123> 도 19 는 제 3 구동 펄스의 쌍을 포함하기 위해 도 18 에 도시된 파형이 더욱 변형되는 방법을 개략적으로 도시한다.

<124> 도 20 은 도 19 에 도시된 방식으로 도 18 의 파형을 변형하여 생산된 하나의 파형을 도시한다.

<125> 도 21 은 본 발명의 방법들에서 사용되도록 완전한 검색 테이블을 제공하기 위해 DC 균형유지된 파형과 함께 사용될 수 있는 하나의 바람직한 DC 불균형된 파형을 도시한다.

<126> 도 22 는 본 발명의 보상 전압 방법에 의해 달성될 수 있는 감소된 체류 시간 의존을 도시한 그래프이다.

<127> 도 23 은 전기광학 디스플레이의 체류 시간 의존의 효과를 도시한 그래프이다.

<128> 전술한 설명으로부터, 본 발명은 전기광학 디스플레이 구동을 위한 방법 및 그러한 구동 방법을 수행하기 위한 장치 제어기 또는 다른 장치에 있어서 다수의 상이한 개선을 제공함이 명백하다. 아래의 설명에서, 본 발명에 의해서 제공되는 다양한 상이한 개선이 개별적으로 설명될 것이며, 실제로 단일 디스플레이가 이들 주요 관점들 중의 하나 이상을 이용할 것이라는 점을 이미지 분야의 당업자라면 이해하겠지만, 또한, 예를 들어, 본 발명의 불연속 어드레싱 방법을 이용하는 디스플레이는 규정된 영역 방법을 사용할 수도 있다.

<129> 임펄스-구동 전기광학 디스플레이의 어드레싱을 위한 이상적인 방법은, 각각의 화소가 그것의 초기 그레이 레벨로부터 그것의 최종 그레이 레벨로 직접적으로 천이하도록 이미지의 각각의 기입을 제어기가 조정하는, 소위 "일반적인 그레이 스케일 이미지 플로우"가 될 수 있다. 그러나, 필연적으로 임펄스-구동 디스플레이에 이미지를 기입함에 있어 일부 에러가 있다. 부분적으로 이미 설명한 바와 같이, 실제 직면하는 그러한 몇몇의 에러는 다음을 포함한다:

<130> (a) 이전 상태 의존; 화소를 새로운 광학 상태로 스위치하는데 필요한 임펄스는 초기 및 원하는 광학 상태에만 의존하는 것이 아니라, 그 화소의 이전의 광학 상태에도 의존한다.

<131> (b) 체류 시간 의존; 화소를 새로운 광학 상태로 스위치하는데 필요한 임펄스는 화소가 그것의 다양한 광학 상태에서 소비한 시간에 의존한다. 이 의존의 정확한 성질은 밝혀지지 않았으나, 일반적으로 화소를 그것의 현재의 광학 상태에 더 오래 있도록 하는데 보다 많은 임펄스가 요구된다.

<132> (c) 온도 의존; 화소를 새로운 광학 상태로 스위치하는데 필요한 임펄스는 온도에 강하게 의존한다.

<133> (d) 습도 의존; 전기광학 매체의 적어도 일부 유형에서, 화소를 새로운 광학 상태로 스위치하는데 필요한 임펄스는 주위 습도에 의존한다.

<134> (e) 기계적인 균일성; 화소를 새로운 광학 상태로 스위치하는데 필요한 임펄스는 그 디스플레이 내의 기계적인 변화, 예를 들어, 전기광학 매체의 두께 변화 또는 연관된 적층 접착제 (lamination adhesive) 에 의해 영향받을 수 있다. 기계적인 불균일성의 다른 유형은 매체의 상이한 제조 배치들 (batches), 제조 허용치 (tolerance), 및 물질 다양성 사이의 필연적인 차이로부터 발생한다.

<135> (f) 전압 에러; 화소에 인가된 실제 임펄스는 필연적으로 이론상 인가된 것과 약간 상이한데, 드라이버에 의해 전달되는 전압에 있어서의 피할 수 없는 작은 에러 때문이다.

<136> 일반적인 그레이스케일 이미지 플로우는 "에러들의 축적" 현상을 겪게 된다. 예를 들어, 온도 의존이 각각

의 천이에 있어서 포지티브 방향으로 0.2 L*의 에러를 초래한다고 가정하라. 50회의 천이 후에는, 이 에러는 10 L*로 축적될 것이다. 보다 실제적으로, 디스플레이의 이론상 반사율과 실제 반사율 사이의 차이로 표현되는 각각의 천이에 대한 평균 에러가 ± 0.2 L* 라고 가정하라. 100회의 연속적인 천이 이후에, 화소들은 그것의 예상되는 상태로부터 2L* 의 평균 편차를 디스플레이할 것이며, 그러한 편차는 일정 유형의 이미지의 평균 관찰자에게 식별된다.

<137> 에러 현상의 이러한 축적은 온도에 기인한 에러뿐만이 아니라 다른 유형의 에러에도 적용된다. 그러한 에러에 대한 보상은 가능하지만, 제한적인 정확도로만 보상된다. 예를 들어, 온도 에러는 온도 센서 및 검색 테이블을 이용하여 보상될 수 있으나, 온도 센서는 제한적인 해상도를 가지며 전기광학 매체의 온도와 약간 다른 온도를 판독할 수 있다. 유사하게, 이전 상태 의존은 이전 상태를 저장하고 다차원 천이 행렬을 이용하여 보상될 수 있지만, 제어기 메모리는 기록될 수 있는 상태의 수 및 천이 행렬의 크기를 제한하며, 전술한 바와 같이 보상의 이러한 유형의 정밀도를 제한한다.

<138> 따라서, 일반적인 그레이스케일 이미지 플로우는 인가된 임펄스의 매우 정확한 제어가 양호한 결과를 제공할 것을 요구하며, 경험적으로 전기광학 디스플레이 기술의 현재의 상태에서 일반적인 그레이스케일 이미지 플로우는 상업적인 디스플레이에서 통상적으로 실행불가능하다는 것이 발견되었다.

<139> 거의 모든 전기광학 매체는 내장형 리세팅 (에러 제한의) 메카니즘 즉, "광학 레일들"로서 작용하는 그들의 극단의 (통상적으로는 블랙과 화이트) 광학 상태를 갖는다. 특정 임펄스가 전기광학 디스플레이의 화소에 인가된 이후에, 그 화소는 보다 화이트 (또는 블랙) 이 될 수 없다. 예를 들어, 캡슐화된 전기영동 디스플레이에서, 특정 임펄스가 인가된 이후에, 모든 전기영동 입자들은 서로 또는 캡슐 벽에 대하여 가역되고 (forced), 더이상 이동할 수 없게 되어 따라서 제한적인 광학 상태 또는 광학 레일을 생성한다. 그러한 매체 내에서 전기영동 입자 크기 및 전하의 분포가 있기 때문에, 일부 입자들은 다른 입자들 전에 그 레일들을 히트하고, "소프트 레일" 현상을 보이며, 이에 의해 천이의 최종 광학 상태가 그 극단 블랙 및 화이트 상태에 도달할 때, 요구되는 임펄스 정확성은 감소되며, 반면에 그 화소의 광학 범위의 중앙 근처에서 종료되는 천이들에서 요구되는 광학 정확성은 상당히 증가된다. 분명히, 순수한 일반적인 그레이스케일 이미지 플로우 구동 방식은 그레이 레벨에서의 에러를 방지하기 위하여 광학 레일의 사용에 의존할 수 없는데, 그러한 구동 방식에서 임의의 주어진 화소는 어느 쪽의 광학 레일의 접촉도 없이 그레이 레벨에서 무한히 많은 변화들을 겪을 수 있기 때문이다.

<140> 전술한 미국 특허 6,504,524 및 6,531,997호에서 전술한 바와 같이, 많은 전기광학 매체, 특히 입자-기반 전기영동 매체에서, 그러한 매체를 구동하는데 이용되는 구동 방식은 연장된 기간에 걸쳐, 특정 화소를 통해 통과된 전류의 논리합은 0이 되거나 또는 가능한 0에 가까워야 한다는 점에서, 직류 (DC) 균형유지됨이 바람직하며, 본 발명의 구동 방식은 이러한 기준을 염두에 두고 디자인되어야 한다. 보다 구체적으로, 검색 테이블은 화소의 하나의 극단적인 광학 상태 (블랙 또는 화이트) 에서 개시하거나 종료되는 임의의 천이들의 시퀀스가 DC 균형유지되도록 설계되어야 한다. 전술한 설명으로부터, 임의의 특정 그레이-그레이 천이에 필요한 임펄스 및 따라서 그 화소를 통한 전류는 실질적으로 일정하기 때문에 그러한 DC 균형은 달성될 수 없을 것이라고 생각될 것이다. 그러나, 이는 제 1 근사치에서만 적용되며, 경험상 적어도 입자-기반 전기영동 매체 (또한, 다른 전기광학 매체에서도) 의 경우에 있어서는 하나의 화소에 대한 (say) 5개의 이격된 50msec 펄스 인가의 효과는 동일한 전압의 하나의 250msec 펄스 인가의 경우와 같지 않다. 따라서, 주어진 천이를 달성하기 위해서 화소를 통하여 흐르는 전류에 있어서 융통성이 있으며, 이러한 융통성은 DC 균형유지를 달성하도록 돕는데 이용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에서 사용된 검색 테이블은 이들 임펄스의 각각에 의해 제공되는 총 전류의 값과 함께, 주어진 천이에 대하여 다수의 임펄스를 저장할 수 있으며, 제어기는 각각의 화소에 대하여 일부 이전 시간 (예를 들어 그 화소가 마지막으로 블랙 상태였던 때) 이후의 그 화소에 인가된 임펄스들의 논리합을 저장하도록 구성된 레지스터를 유지할 수 있다. 특정 화소가 화이트 또는 그레이 상태로부터 블랙 상태로 구동될 때, 제어기는 그 화소에 연관된 레지스터를 조사하고, 이전의 블랙 상태로부터 앞으로 도래할 블랙 상태로의 천이들의 전체 시퀀스의 DC 균형에 필요한 전류를 결정하고, 그리고 (그 연관된 레지스터가 이 나머지의 값을 유지하고 이것을 다음 천이들 동안에 인가되는 전류에 합하는 경우에) 연관된 레지스터를 0으로 정확히 감소시키거나 적어도 가능한 작은 나머지로 감소시킬 수 있는, 필요한 화이트/그레이로부터 블랙으로의 천이를 위한 다수의 저장된 임펄스들 중 하나를 선택할 수 있다. 이러한 과정의 반복된 적용은 각각의 화소에 대한 정확한 장기간의 DC 균형유지를 달성할 수 있다.

<141> 본 발명의 다양한 관점에 대한 하기의 설명은 전술한 WO 03/044765호의 전체 내용, 특히 거기에 개시된 다양한 과형과 유사한 것으로 추정한다. 본 발명의 다양한 방법들은 전술한 WO 03/044765호에 개시된 기본 검색 테

이블 방법의 다양한 광학 특성들 (예를 들어, 온도 보상, 동작 수명시간 보상, 습도 보상 등) 을 포함하도록 수정될 수 있다는 것은 디스플레이 분야의 당업자에게 자명하다. 본 발명의 다양한 방법은 검색 테이블을 위하여 저장되어야 하는 데이터량을 감소시키기 위하여 전술한 WO 03/044765호에 개시된 방법을 이용할 수도 있다. 또한, 검색 테이블을 구성하는 데이터가 일반적인 다-차원 데이터 세트로서 취급될 수 있기 때문에, 데이터 저장 및 프로세싱의 분야에서 당업자에게 공지된 임의의 표준 함수, 알고리즘, 및 인코딩이 (a) 데이터 세트를 위해 필요한 저장공간의 크기, (b) 그 데이터를 추출하는 데 필요한 계산 노력, 또는 (c) 특정 소자를 그 세트로부터 추출하거나 위치시키는데 필요한 시간 중 하나 이상을 감소시키기 위해 채용될 수도 있다. 이런 저장 기술들은 예를 들어, 해시 (hash) 함수, 로스-레스 및 로시 압축 (loss-less and lossy compression), 및 기본 함수의 조합으로서 데이터 세트의 대표를 포함한다.

<142> **불연속 어드레싱 방법**

<143> 본 발명의 방법들에서 그레이 스케일 레벨의 미세 제어는 본 발명의 불연속 어드레싱 방법을 이용하여 달성될 수 있다. 상기 전술한 바와 같이, 불연속 어드레싱 방법은 2개의 이론적인 변형, 즉 DC 불균형된 변형과 DC 균형유지된 변형을 갖는다. DC 불균형된 변형은 논-제로 네트 임펄스 (즉, 포지티브 세그먼트와 네거티브 세그먼트의 길이가 동일하지 않음) 를 갖는 출력 신호를 이용하는 그레일 레벨들 사이의 하나 이상의 천이에 영향을 미치고, 따라서 내부적으로 DC 균형이 유지되지 않으며, 불연속이다 (즉, 펄스는 제로 전압 또는 반대 극성의 부분을 포함한다). 불연속 어드레싱 방법에서 사용되는 출력 신호는 비주기적이거나 아닐 수 있다 (즉, +/-/+/- 또는 ++/--/++/-- 처럼 반복되는 유닛들로 구성되거나 아닐 수도 있다.)

<144> 그러한 불연속 파형 (이후, "미세 조정" 또는 "FT" 파형이라 칭하기로 함) 은 정반대 극성의 프레임들을 가지지 않을 수 있고, 및/또는 디스플레이의 유효 전방 평면 전압에 대하여 단지 3개의 전압 레벨들 즉, +V, 0, -V 만을 포함할 수 있다 (통상적인 경우와 같이, 각각의 화소와 연관된 화소 전극과 다수의 화소에 걸쳐 연장하는 공통 전방 전극을 갖는, 액티브 행렬 디스플레이와 통상적으로 그 전체 디스플레이를 가정하면 전기광학 매체의 임의의 화소에 인가된 전기장은 그것의 연관된 화소 전극과 그 공통 전방 전극 사이의 전압차에 의해 결정된다). 대안적으로 FT 파형은 3개 이상의 전압 레벨을 포함할 수 있다. FT 파형은, 부가된 불연속 파형과 함께, (n-프리펄스 등과 같은) 전술한 파형의 유형들 중 임의의 하나로 구성될 수 있다.

<145> FT 파형은 하나 이상의 이전 이미지 상태에 의존할 수 있고 (통상적으로는 의존하게 될 것이다), 기준 펄스 폭 모듈레이션 (PWM) 을 이용하여 달성될 수 있는 것보다 광학 상태에서 더 작은 변화를 달성하기 위해 사용될 수 있다. (따라서, 예를 들어, 캡슐 벽과 같은 표면에 전기영동 입자들이 부착되는 것을 방지하기 위해 변화하는 극성의 펄스들이 채용되는 임의의 종래 파형과 대조적으로, 채용된 정확한 FT 파형은 검색 테이블에서 매 천이마다 변화할 수 있다.) 불연속 어드레싱 방법의 바람직한 변형에서, 디스플레이 내에서 모든 허용되는 광학 천이들을 달성하기 위해 필요한 모든 파형들의 조합이 제공되며 ("천이 행렬"), 여기서 하나 이상의 파형은 본 발명의 FT 파형이고 파형들의 조합은 DC 균형유지된다. 불연속 어드레싱 방법의 다른 바람직한 변형에서, 모든 전압 세그먼트들의 길이는 단일 인터벌 (프레임 시간) 의 정수배이며, 전압 세그먼트는 전압이 일정하게 유지되는 파형의 일부이다.

<146> 본 발명의 불연속 어드레싱 방법은, 많은 임펄스-구동 전기광학 매체에서, 제로 네트 임펄스를 갖고 따라서 화소의 그레이 레벨에서 이론적으로 전체 변화에 영향을 주지 않을 것으로 기대될 수 있는 파형은, 실제로 그러한 매체의 특성들 중 어떤 비선형적인 영향 때문에, 그레이 레벨에서의 작은 변화에 영향을 미치며, 이는 단순한 PWM 구동 방식이나 펄스의 폭 및/또는 높이를 변화시킬 수 있는 한정된 능력을 갖는 드라이버를 이용하여 가능한 것보다 미세한 그레이 레벨의 조절을 달성하는데 사용될 수 있다는 발견에 기초한다. 그러한 "미세 조정" 파형을 구성할 수 있는 펄스들은 그레이 레벨에서 주된 변화에 영향을 미치는 "주요 구동" 펄스들로부터 분리될 수 있고 그러한 주요 구동 펄스들을 앞서거나 추종할 수 있다. 대안적으로, 일정한 경우에, 미세 조정 펄스는 주요 구동 펄스들 또는 주요 구동 펄스들의 시퀀스내의 단일 포인트에서의 미세 조정 펄스들의 개별 블록과 혼합 (intermingle) 될 수 있으며, 단독으로 또는 주요 구동 펄스들의 시퀀스의 다수 포인트의 작은 그룹 내에 산재될 수 있다.

<147> 불연속 어드레싱 방법은 매우 일반적인 적응성을 갖고 있지만, 3개의 (+, -, 0) 전압 출력을 갖는 소스 드라이버와 다음의 3가지 유형의 파형 엘리먼트들로부터 구성된 파형을 이용하는 구동 방식을 예로서 이용하여 먼저 설명할 것이다 (다른 유형의 드라이버들과 파형 엘리먼트들을 사용하기 위해 필요한 본 발명의 수정은 전기광학 디스플레이 기술분야의 당업자에게 자명할 것이다).

<148> 1) 포화 펄스: 반사율을 거의 일 극단 광학 상태 (광학 레일, 여기서는 블랙 상태라 칭하는 가장 어두운 상태

또는 여기서는 화이트 상태라 칭하는 가장 밝은 상태 중 하나) 로 구동하는 일 부호의 전압들 또는 일 부호와 0V의 전압들의 프레임들의 시퀀스;

<149> 2) 세트 펄스: 반사율을 거의 원하는 그레이 레벨 (블랙, 화이트 또는 중간 그레이 레벨) 로 구동하는 일 부호의 전압들 또는 일부호와 0V의 전압들의 프레임들의 시퀀스; 및

<150> 3) FT 시퀀스: +, -, 0이 되도록 개별적으로 선택되어 그 잉크의 광학 상태가 동일한 길이의 싱글-사인 (single-signed) 시퀀스보다 덜 이동되도록 하는 전압들을 갖는 프레임들의 시퀀스. 5개의 스캔 프레임들의 총 길이를 갖는 FT 구동 시퀀스들의 예는; [+-+--](여기서, 각각의 프레임의 전압은 포지티브 전압에 대하여는 +로, 제로 전압에 대하여는 0, 네거티브 전압에 대하여는 -로 연속적으로 나타내었다), [--0++], [00000], [00+-0], 및 [0-+00]이다. 이들 시퀀스들은 첨부된 도면에서 각각 도 1a-1e 에 개략적으로 도시되어 있으며, 여기서 원들은 FT 시퀀스의 시작 및 종료 포인트를 나타내고 이들 포인트들 사이에 5개의 스캔 프레임들이 있다.

<151> FT 시퀀스는 광학 상태의 미세 제어를 허락하거나, 상이한 네트 전압 임펄스를 갖지만 단일 극성 (싱글-사인) 전압들의 시퀀스와 유사한 광학 상태의 변화를 생성하는데 이용될 수 있다 (여기서 임펄스는 시간에 따라 인가된 전압의 적분으로서 정의됨). 파형 내의 FT 시퀀스들은 따라서 DC 균형유지를 달성하기 위한 도구로서 이용된다.

<152> 광학 상태의 미세 제어를 달성하기 위한 FT 시퀀스의 이용을 먼저 설명한다. 도 2 에서, 0을 이용하여 달성가능한 광학 상태들, 즉 1, 2, 3 또는 단일 극성 전압의 보다 많은 프레임들은 개별적으로 축상의 포인트들로서 개략적으로 나타내었다. 이 도면으로부터, 단일 극성 펄스의 길이는 이 축상의 그 대응하는 포인트에 의해 나타내어지는 반사율을 달성하도록 선택될 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 도 2 에서 "타겟"으로 나타내어진 것과 같은 그레이 레벨을 달성하고자 할 수 있으나, 이들 그레이 레벨들의 어느 것에 의해서도 잘 접근되지는 않는다. FT 시퀀스는 단일 극성 구동 펄스 이후에 달성되는 최종 상태를 미세 조정하거나, 초기 상태를 미세 조정하고 단일 극성 구동 시퀀스를 이용하여, 반사율을 원하는 상태로 미세-조정하는데 이용될 수 있다.

<153> 도 3에 도시된 FT 시퀀스의 첫번째 예는 2개-펄스 단일 극성 구동 이후에 사용되는 FT 시퀀스를 도시한다. FT 시퀀스는 최후 광학 상태를 타겟 상태로 미세 조정하는 데 이용된다. 도 2 와 같이, 도 3은 솔리드 포인트로 표시된 바와 같이, 다양한 수의 스캔 프레임들을 이용하여 달성가능한 광학 상태를 도시한다. 또한, 타겟 광학 상태를 도시하였다. FT 시퀀스에 의해 유도된 광학 시프트로서, 2개의 스캔 프레임들을 인가함에 의한 광학 변화가 표시되었다.

<154> FT 시퀀스의 두번째 예를 도 4에 도시하였다; 이 경우, FT 시퀀스는 우선, 단일 극성 구동 시퀀스가 원하는 광학 상태를 달성하기 위해 이용될 수 있는 포지션으로 광학 상태를 미세 조정하는데 이용되었다. FT 시퀀스 이후에 달성가능한 광학 상태는 도 4의 오픈 서클들로써 표시하였다.

<155> 또한, FT 시퀀스는 전술한 WO 03/044765호의 도 11a 및 11b 에 도시된 바와 같이, 레일-안정 (rail-stabilized) 그레이 스케일 (RSGS) 파형과 함께 이용될 수도 있다. RSGS 파형의 본질은, 그것의 극단적인 광학 상태들 중의 하나로 구동되기 전에 주어진 화소가 한정된 수의 그레이-그레이 천이들만을 만들도록 허락된다는 것이다. 따라서, 그러한 파형 사용을 사용하면 화소를 극단적인 광학 상태 (광학 레일들로 지칭됨) 로 자주 구동시켜 DC 균형 (여기서 DC 균형은 0의 네트 전압 펄스이고, 아래에서 더 상세히 설명한다) 을 유지하는 동안에 광학 에러를 감소시킨다. 잘 결정된 (resolved) 그레이 스케일은 하나 이상의 스캔 프레임들에 대하여 미세 조정 전압들을 선택함으로써 이들 파형들을 이용하여 달성될 수 있다. 그러나, 이들 미세 조정 전압들이 사용가능하지 않다면, 바람직하게는 DC 균형을 잘 유지하면서 다른 방법들이 미세 조정을 달성하기 위해 사용되어야 한다. FT 시퀀스들이 이들 목적을 달성하기 위해 이용될 수 있다.

<156> 첫째로, 전술한 바와 같이 하나의 세트 펄스 (그 화소를 원하는 그레이 레벨로 함) 에 의해 추종되는, 각각의 0, 1, 또는 2개의 포화 펄스 (펄스들은 그 화소를 하나의 광학 레일로 구동함) 들로 구성된 레일-안정화된 그레이스케일 파형의 주기적인 버전을 가정하라. FT 시퀀스가 이 파형 안에서 사용되는 방법을 설명하기 위하여, 파형 엘리먼트에 대하여 심볼 표시를 사용할 것이다: "sat"는 포화 펄스, "set"는 세트 펄스, "N"은 FT 구동 시퀀스를 나타낸다. 3개의 주기적 레일-안정화 그레이스케일 파형의 기본적인 유형은 다음과 같다:

<157> set (예를 들어, WO 03/044765의 도 11a 의 천이 (1104))

<158> sat-set (예를 들어, WO 03/044765의 도 11a 의 천이 (1106/1108))

<159> sat-sat'-set (예를 들어, WO 03/044765의 도 11a 의 천이 (1116/1118/1120))

<160> 여기서, sat 및 sat'는 2개의 별개의 포화 펄스이다.

<161> 하나의 FT 시퀀스를 갖는 이들 유형의 제1의 수정은 다음과 같은 파형을 제공한다:

<162> N-set

<163> set-N

<164> 즉, FT 시퀀스는 하나의 세트 펄스에 의해 추종되거나 또는 동일한 엘리먼트들이 정반대 순서로 된다.

<165> 하나 이상의 FT 시퀀스를 갖는 이들 유형의 제2의 수정은 예를 들어 다음과 같은 FT수정 파형을 제공한다:

<166> N-sat-set

<167> sat-N-set

<168> sat-set-N

<169> sat-N-set-N'

<170> N-sat-set-N'

<171> N-sat-N'-set

<172> N-sat-N'-set-N''

<173> 여기서, N, N', 및 N''는 3개의 FT 시퀀스이며, 서로 상이하거나 동일할 수 있다.

<174> 본질적으로 전술한 형태들을 따르는 3개의 파형 엘리먼트들 사이에 FT 시퀀스들을 배치함으로써 이들 유형의 제2의 수정이 달성될 수 있다. 예들의 불완전한 리스트는 다음을 포함한다:

<175> N-sat-sat'-set

<176> N-sat-sat'-set-N'

<177> sat-N-sat'-N'-set-N''

<178> N-sat-N'-sat'-N''-set-N'''

<179> FT 시퀀스를 가지고 수정될 수 있는 다른 기본적인 파형은 블랙 (또는 화이트) 로의 구동을 갖는 싱글-펄스 슬라이드 쇼 그레이 스케일이다. 이 파형에서, 광학 상태는 우선 광학 레일로 되고 그후에는 원하는 이미지로 된다. 각각의 천이의 파형은 다음의 2개의 시퀀스들 중 하나에 의해 심볼로써 표시될 수 있다:

<180> sat-set

<181> set.

<182> 그러한 파형은, 다음의 시퀀스들을 생산하기 위하여, 본질적으로 레일-안정화 그레이 스케일 시퀀스에 대하여 전술한 것과 같은 동일한 방식으로 FT 구동 시퀀스 엘리먼트들을 포함하여 수정될 수 있다:

<183> sat-set-N

<184> sat-N-set

<185> 등이다.

<186> 상기 2개의 예는 파형의 포화 및 세트 펄스 엘리먼트들의 앞이나 뒤에 FT 시퀀스들을 삽입함을 설명하고 있다. FT 시퀀스들은 포화 또는 세트 펄스를 통하여 부분적으로 삽입하는 것이 유리할 수 있으며, 즉 베이스 시퀀스이다:

<187> sat-set

<188> 이것은 다음과 같이 수정될 수 있다:

<189> {sat, part I}-N-{sat,part II}-set

<190> 또는

<191> sat-{set, part I}-N-{set,part II}.

<192> 이미 나타낸 바와 같이, 일련의 천이들 이후에 달성되는 다수의 전기광학 매체의 광학 상태는 이전의 광학 상태 및 이들 이전의 광학 상태에서 보낸 시간에 민감하다는 점이 발견되었고, 따라서 천이 파형을 조절함으로써 이전의 상태 및 이전의 체류 시간 민감도를 위한 보상을 위하여 방법들이 기술되었다. FT 시퀀스들은 이전 광학 상태 및/또는 이전 체류 시간들을 보상하기 위하여 유사한 방식으로 사용될 수 있다.

<193> 이러한 개념을 보다 상세히 설명하기 위하여 특정 화소에 표시되게 될 그레이 레벨의 시퀀스를 고려하면; 이들 레벨은 R_1, R_2, R_3, R_4 등으로 표현되고, 여기서 R_1은 고려중인 천이의 다음 원하는 (최종) 그레이 레벨을 나타내고, R_2는 그 천이를 위한 초기 그레이 레벨이며, R_3는 제 1 이전 그레이 레벨, R_4는 제 2 이전 그레이 레벨 등이다. 그레이 레벨 시퀀스는 다음과 같이 표시될 수 있다:

<194> $R_n\ R_{n-1}\ R_{n-2}\cdots\ R_3\ R_2\ R_1$

<195> 그레이 레벨 i 이전의 체류 시간은 D_i로 표시된다. D_i는 그레이 레벨 i에서의 체류의 프레임 스캔들의 수를 나타낼 수도 있다.

<196> 상기와 같이 표시된 FT 시퀀스들은 현재의 그레이 레벨로부터 원하는 그레이 레벨로의 천이에 대하여 적절하게 선택될 수 있다. 간단한 형태에서, 이들 FT 시퀀스들은 현재 및 원하는 그레이 레벨의 함수이며, FT 시퀀스 N이 R_2 및 R_1에 의존함을 나타내기 위하여 다음과 같이 심볼로서 표현된다:

<197> $N=N(R_2, R_1)$.

<198> 디바이스 성능을 개선하기 위하여, 이전 이미지와 연관된 잔여 그레이 레벨 시프트들을 분명히 감소시키기 위하여 천이 파형에 대하여 약간의 조절을 하는 것이 유리하다. FT 시퀀스들의 선택은 이들 조절들을 달성하는데 이용될 수 있다. 다양한 FT 시퀀스들은 다양한 최종 광학 상태를 발생시킨다. 주어진 화소에 대한 상이한 광학 이력들에 대하여 상이한 FT 시퀀스가 선택될 수 있다. 예를 들어, 제 1 이전 이미지 (R_3) 에 대한 보상을 위하여 R_3에 의존하는 FT 시퀀스를 선택할 수 있으며, 다음과 같이 표현된다:

<199> $N=N(R_3, R_2, R_1)$

<200> 즉, FT 시퀀스는 R_1, R_2뿐 만이 아니라, R_3에도 의존하여 선택될 수 있다.

<201> 이 개념을 일반화하면, FT 시퀀스는 임의의 이전 그레이 레벨의 수 및/또는 임의의 이전 체류 시간의 수에 의존하게 될 수 있으며 다음과 같이 심볼로서 표현된다:

<202> $N=N(D_m, D_{m-1},\cdots D_3, D_2; R_n, R_{n-1},\cdots R_3, R_2, R_1)$

<203> 여기서, 심볼 D_k는 그레이 레벨 R_k에서 보낸 체류 시간을 나타내고, 광학 상태의 수 n은 FT 결정 함수에서 필요한 체류 시간 m의 수와 동일할 필요는 없다. 따라서, FT 시퀀스들은 이전 이미지 및/또는 이전 및 현재 그레이 레벨 체류 시간들의 함수가 될 수 있다.

<204> 이 일반적인 개념의 특별한 경우로서, 제로 전압 스캔 프레임을 다른 단일 극성 펄스에 삽입하는 것은 달성되는 최종 광학 상태를 변화시킬 수 있다는 점이 발견된다. 예를 들어, 제로 전압 스캔 프레임이 삽입된 도 5의 시퀀스 이후에 달성되는 광학 상태는 제로 전압 스캔 프레임은 없으나 도 5 의 시퀀스와 동일한 총 임펄스를 갖는 도 6의 대응하는 단일 극성 시퀀스 이후에 달성되는 광학 상태와 다소 상이할 것이다.

<205> 또한, 최종 광학 상태에 대한 주어진 펄스의 영향은 이 펄스와 이전 펄스 사이의 지연의 길이에 의존함이 발견되었다. 따라서, 파형의 미세 조정을 달성하기 위하여 제로 전압 프레임들을 펄스 엘리먼트들 사이에 삽입할 수 있다.

<206> 본 발명은 FT 구동 소자들의 사용, 및 다른 파형 구조들 안의 단일 극성 구동 소자 안에 0V 스캔 프레임들의 삽입으로 확장된다. 다른 예들은 이에 제한되는 것은 아니나, 광학 레일들 모두가 하나의 광학 상태로부터 다른 광학 상태로의 천이 안에서 (프리펄스들의 높은 수의 경우에는 1회 이상) 도달되는 (삼중-프리펄스, 4중-프리펄스 등을 포함하여) 이중-프리펄스 슬라이드 쇼 그레이 스케일 파형을 포함하며, 다른 레일-안정된 그레이

스케일 파형들의 형태들을 포함한다. 또한, FT 시퀀스들은 일반 이미지 플로우 그레이 스케일 파형들에서 사용되며, 여기서 직접의 천이들이 그레이 레벨 사이에 만들어진다.

<207> 제로 전압 프레임들의 삽입이 FT 시퀀스의 삽입의 특정 예로서 생각될 수 있으며, 여기서 FT 시퀀스는 모두 0이고, 최종 광학 상태들의 수정에 있어서 효과적인 것으로 발견되었기 때문에 이 특별한 경우에 관심을 기울인다.

<208> 전술한 내용은, 그레이 레벨들의 미세 조정을 달성하기 위하여 FT 시퀀스들의 사용에 초점을 맞추었다. DC 균형유지를 달성하기 위하여 그러한 FT 시퀀스들을 이용하는 것에 대하여 이하 설명하기로 한다. FT 시퀀스들은 파형 안에서 DC 불균형의 정도를 변화시키는데 (바람직하게는 DC 불균형을 감소시키거나 제거하는데) 이용될 수 있다. DC 균형에 의해서, 모든 풀 (full)-회로 그레이 레벨 시퀀스들 (동일한 그레이 레벨을 갖고 시작 및 종료하는 시퀀스들) 이 제로 네트 전압 임펄스를 갖는 것으로 의도된다. FT 시퀀스들이 (a) 포화 또는 세트 펄스와 동일한 방식으로 광학 상태를 변화시키지만 실질적으로 상이한 네트 전압 임펄스를 갖거나, (b) 광학 상태에 있어서는 적은 변화이나 네트 DC 불균형을 초래할 수 있는 사실을 이용하여, 하나 이상의 FT 시퀀스들을 이용함으로써, 파형은 DC 균형으로 되거나 덜 강하게 DC 불균형으로 될 수 있다.

<209> 다음의 예시는 FT 시퀀스들이 DC 균형유지를 달성하기 위하여 사용될 수 있는 방법을 보여준다. 이 예에서, 세트 펄스는 길이가 가변적이며, 즉 1, 2, 3 또는 그 이상의 스캔 프레임들이 될 수 있다. 스캔 프레임들의 각각의 수에 대하여 달성되는 최종 그레이 레벨은 도 7에 도시되었으며, 여기서 각 포인트의 옆의 수는 그레이 레벨을 달성하기 위하여 이용되는 스캔 프레임들의 수를 나타낸다.

<210> 도 7은 포지티브 전압의 스캔 프레임들을 이용하여 이용가능한 광학 상태들과, 그 숫자 라벨이 최종 그레이 레벨을 생산하기 위하여 이용된 단일 극성 프레임들의 수를 특정하는 단일 극성 구동을 도시한다. 이 예에서 DC 균형을 유지하기 위하여, 2개의 포지티브 전압 프레임의 네트 전압 임펄스가 인가될 필요가 있는 것으로 가정한다. 원하는 (타겟) 그레이 레벨은 3 개의 임펄스의 스캔 프레임을 이용함으로써 달성될 수 있지만, 그렇게 함에 있어서, 그 시스템은 하나의 프레임에 의해 DC 불균형으로 남게 될 것이다. 반면에, 3개 대신에 2개의 포지티브 전압 스캔 프레임들을 이용하여 DC 균형이 달성될 수 있지만 최종 광학 상태는 그 타겟으로부터 상당히 벗어날 것이다.

<211> DC 균형유지를 달성하기 위한 한가지 방법은, 도 8에 심볼로서 표시한 바와 같이, 2개의 포지티브 전압 프레임을 이용하여 전기광학 매체를 원하는 그레이 레벨의 근방으로 구동하고 또한 DC 균형유지된 FT 시퀀스 (제로 네트 전압을 갖는 FT 시퀀스) 를 이용하여 그 타겟 그레이 레벨에 매우 근접하게 최종 조절을 하는 것이며, 여기서 타겟 그레이 레벨은 광학 상태에 있어서 적절한 변화를 주도록 선택된 제로 네트 전압 임펄스의 FT 시퀀스에 의해 추종되는 2개의 스캔 프레임들을 이용하여 달성된다.

<212> 대안적으로, 타겟 광학 상태로 반사율을 가져오도록 하기 위하여 단일 극성 구동의 3개의 포지티브 전압 스캔 프레임들을 이용하고 그 후에, 하나의 네거티브 전압 스캔 프레임과 균등한 네트 DC 불균형을 갖는 FT 시퀀스를 이용할 수 있다. 만일 실질적으로 변화되지 않은 광학 상태를 초래하는 FT 시퀀스를 선택하면, 최종 광학 상태는 정확하게 남게 되고 DC-균형유지는 회복될 것이다. 이 예는 도 9에 도시되었다. 통상적으로 FT 시퀀스의 이용은 DC 균형유지에 대한 일부 효과와 함께 광학 상태의 일부 조절을 포함할 것이며, 상기 2개의 예는 극단의 경우들을 묘사한 것이라는 점을 이해하여야 한다.

<213> 다음의 예는 단지 예시 목적으로 주어지며, 본 발명에 따른 FT 시퀀스들의 실험적인 이용을 보여준다.

<214> **예: 주기적인 RSGS 파형내의 FT 시퀀스들의 이용**

<215> 이 예는 단일 화소 디스플레이의 4 그레이 레벨 (2-비트) 어드레싱을 달성하도록 설계된 파형의 광학 성능을 개선하는데 FT 시퀀스를 이용하는 것을 설명한다. 이 디스플레이는 캡슐화된 전기영동 매체를 이용하였으며, 실질적으로 전술한 2002/0180687의 [0069] 내지 [0076] 단락에 설명된 것처럼 구성되었다. 단일 화소 디스플레이는 포토다이오드에 의해 모니터되었다.

<216> 2-비트 (4-상태) 그레이스케일 안에서 그레이 레벨들의 시퀀스를 달성하기 위하여, 파형 전압들이 천이 행렬 (검색 테이블) 에 따라서 그 화소에 인가되었다. 전술한 바와 같이, 천이 행렬 또는 검색 테이블은 그레이 스케일 내에서 하나의 그레이 레벨로부터 다른 그레이 레벨로 천이를 하기 위하여 그 화소에 전압을 인가하는 단순한 일 세트의 규정들이다.

<217> 파형은 전압 및 타이밍 제한들을 겪는다. 단지 3개의 전압 레벨들, 즉 -15V, 0V, +15V 만이 그 화소에 인가되었다. 또한, 50Hz 프레임 레이트로 액티브 행렬 구동을 시뮬레이션하기 위하여, 전압들은 20ms의 증분으

로 인가되었다. 파형을 최적화하기 위하여 즉, 테스트 시퀀스에 걸친 4개의 그레이 레벨들 각각의 실제 광학 상태내의 확산이 최소화되는 조건을 달성하기 위하여, 알고리즘들의 조정은 반복적으로 채용된다.

<218> 초기 실험에서, 주기적인 레일-안정화된 그레이스케일 (cRSGS) 파형이 단순한 포화 및 세트 펄스들을 이용하여 최적화되었다. 이전의 상태들의 고려는 천이 행렬의 결정에 있어서 초기 (R_2) 및 원하는 최종 (R_1) 그레이 레벨들로 제한되었다. 파형은 전체적으로 DC 균형유지되었다. 조절에 이용가능한 최소 임펄스 (15V 에서 20ms) 의 조악함 (coarseness), 및 천이 행렬에서의 R_2 이전의 상태들의 부재 때문에, 이 파형으로부터는 매우 불량한 성능이 기대되었다.

<219> 천이 행렬의 성능은, 모든 그레이 레벨 펜테드 시퀀스들을 랜덤한 정렬로 포함하는 "펜테드-컴플리트 (pentad-complete)" 그레이 레벨 시퀀스를 통하여 테스트 화소를 스위칭함으로써 테스트되었다. (펜테드 시퀀스 엘리먼트는, 0-1-0-2-3 및 2-1-3-0-3과 같은 5개의 그레이 레벨들의 시퀀스들이며, 여기서 0, 1, 2, 3은 이용가능한 4개의 그레이 레벨을 나타낸다.) 완벽한 천이 행렬을 위하여, 4개의 그레이 레벨들의 각각의 반사율은 랜덤 시퀀스 내의 그레이 레벨의 모든 발생에 대하여 정확히 동일하다. 그레이 레벨들의 각각의 반사율은 현실적인 천이 행렬들에 대하여 상당히 변화할 것이다. 도 10 의 막대 그래프는 전압 및 타이밍 제한된 천이 행렬의 열악한 성능을 도시한다. 타겟 그레이 레벨들 각각의 다양한 발생에 대하여 측정된 반사율은 매우 가변적이다. 이 실험의 일부에서 개발된 FT 시퀀스들 없이 최적화된 cRSGS 파형은 이후로 베이스 파형이라 칭한다.

<220> 그후, FT 시퀀스들은 cRSGS 파형 안으로 병합되고, 이 실험에서, FT 시퀀스들은 5개의 스캔 프레임들로 제한되었고, DC 균형유지된 FT 시퀀스들만이 포함되었다. FT 시퀀스들은 각각의 천이에 대하여 베이스 파형의 말단에 위치되었고, 즉, 각각의 천이를 위한 파형은 다음의 형태들 중의 하나를 가졌다:

<221> set-N

<222> sat-set-N

<223> sat-sat'-set-N.

<224> FT 시퀀스 엘리먼트들의 파형안으로의 성공한 병합은 두개의 단계; 첫째, 각각의 그레이 레벨에서의 광학 상태에 대한 다양한 FT 시퀀스들의 효과를 확인하는 단계, 및 두번째, 다양한 파형 엘리먼트들에 부가하기 위한 FT 시퀀스들을 선택하는 단계를 필요로 하였다.

<225> 각각의 그레이 레벨의 광학 상태에 대한 다양한 FT 시퀀스들의 효과를 확인하기 위하여 "FT 효과" 실험이 수행되었다. 첫째, 블랙 및 화이트 광학 레일들 사이에서 반복적으로 전기영동 매체를 스위칭함으로써 일관된 시작 (starting) 포인트가 확립되었다. 그 후에, 그 필름은 여기서 광학 상태 R_2 로 언급된 4개의 그레이 레벨들 (0, 1, 2, 3) 중의 하나로 된다. 그후에, 부가된 FT 시퀀스를 가지고 R_2로부터 다른 그레이 레벨들 (여기서는 R_1으로 지칭됨) 중의 하나로 천이를 하게 하는데 적절한 베이스 파형이 인가된다. 이 단계는 51개의 DC 균형유지된, 5 개의 프레임 FT 시퀀스들의 모두에 대하여 반복된다. 최종 광학 상태는 FT 시퀀스들 각각에 대하여 기록된다. 그 후에, FT 시퀀스들은 그들의 연관된 최종 반사율에 따라서 정렬되었다. 이 프로세스는 초기 (R_2) 및 최종 (R_1) 그레이 레벨들의 모든 조합들에 대하여 반복되었다. 최종 그레이 레벨 1 (R_1=1) 및 현재의 그레이 레벨 0, 2, 3 (R_2=0, 2, 3) 에 대한 FT 시퀀스들의 정렬이 표 2 내지 4에 도시되었으며, 각각 "프레임 1" 내지 "프레임 5"로 라벨된 열 (column) 들은 관련 FT 시퀀스의 5개의 연속하는 프레임들 동안에 인가된 전위를 볼트로 표시하였다. 다양한 FT 시퀀스들을 이용한 파형들에 대하여 달성된 최종 광학 상태들은 도 11 에 도시되었다. 이 도면으로부터, 네트 전압 임펄스 차이가 없이, FT 시퀀스들은 최종 광학 상태의 큰 변화에 영향을 주는데 이용될 수 있다는 점과 5개-스캔-프레임 FT 시퀀스들의 선택은 최종 광학 상태에 대하여 미세 제어를 할 수 있다는 점을 알 수 있다.

<226> <표 2> 다양한 FT 시퀀스들에 대한 그레이 레벨 0 - 1 에 대한 최종 광학 상태

<227>

인덱스 번호	광 (L*)	프레임 1	프레임 2	프레임 3	프레임 4	프레임 5
1	35.13	0	15	15	-15	-15
2	35.20	15	0	15	-15	-15
3	35.22	15	15	0	-15	-15
4	35.48	15	15	-15	-15	0
5	35.65	15	15	-15	0	-15
6	36.07	0	15	-15	15	-15
7	36.10	15	-15	0	15	-15
8	36.23	15	0	-15	15	-15
9	36.26	15	-15	15	0	-15
10	36.32	15	-15	15	-15	0
11	36.34	-15	0	15	15	-15
12	36.36	-15	15	0	15	-15
13	36.37	0	0	15	0	-15
14	36.42	0	15	0	0	-15
15	36.47	0	0	0	15	-15
16	36.51	-15	15	15	0	-15
17	36.51	0	15	0	-15	0
18	36.55	0	0	15	-15	0
19	36.59	-15	15	15	-15	0
20	36.59	0	15	-15	0	0
21	36.59	0	-15	15	15	-15
22	36.68	15	0	0	0	-15
23	36.73	15	-15	-15	0	15
24	36.76	15	0	0	-15	0
25	36.79	15	0	-15	0	0
26	36.86	0	15	-15	-15	15
27	36.87	15	-15	0	0	0
28	37.00	15	0	-15	-15	15
29	37.03	-15	0	0	0	15
30	37.05	15	-15	-15	15	0
31	37.11	-15	0	0	15	0
32	37.19	15	-15	0	-15	15
33	***37.19***	***-15***	***15***	***-15***	***0***	***15***
34	37.22	0	-15	0	0	15
35	37.24	-15	0	15	0	0
36	37.26	-15	0	15	-15	15
37	37.33	0	-15	0	15	0
38	37.43	0	0	-15	0	15
39	37.43	-15	15	-15	15	0
40	37.49	-15	-15	15	0	15
41	37.50	-15	15	0	0	0
42	37.53	-15	15	0	-15	15
43	37.55	0	-15	15	-15	15
44	37.58	0	-15	15	0	0
45	37.61	0	0	-15	15	0
46	37.62	-15	-15	0	15	15
47	37.69	0	0	0	-15	15
48	37.72	0	0	0	0	0
49	37.85	-15	-15	15	15	0
50	37.96	-15	0	-15	15	15
51	37.99	0	-15	-15	15	15

<228> <표 3> 다양한 FT 시퀀스들에 대한 그레이 레벨 2 - 1 에 대한 최종 광학 상태

인덱스 번호	광 (L*)	프레임 1	프레임 2	프레임 3	프레임 4	프레임 5
1	34.85	0	15	15	-15	-15
2	34.91	15	0	15	-15	-15
3	35.07	15	15	-15	-15	0
4	35.15	15	15	0	-15	-15
5	35.35	15	15	-15	0	-15
6	35.43	0	15	-15	15	-15
7	35.46	15	-15	0	15	-15
8	35.51	0	0	15	-15	0
9	35.52	0	15	-15	0	0
10	35.52	0	0	0	15	-15
11	35.61	15	-15	15	-15	0
12	35.62	0	0	15	0	-15
13	35.63	15	-15	0	0	0
14	35.65	-15	15	0	15	-15
15	35.67	0	15	0	-15	0
16	35.70	-15	0	15	15	-15
17	35.75	15	-15	15	0	-15
18	35.76	0	15	0	0	-15
19	35.77	15	0	-15	0	0
20	35.78	15	0	-15	15	-15
21	35.80	-15	15	15	-15	0
22	35.97	-15	15	15	0	-15
23	35.98	15	0	0	-15	0
24	36.00	0	-15	15	15	-15
25	36.06	0	0	0	0	0
26	36.09	-15	0	0	15	0
27	36.10	-15	0	0	0	15
28	36.10	15	0	0	0	-15
29	36.14	-15	0	15	0	0
30	36.28	-15	15	0	0	0
31	36.38	15	-15	-15	0	15
32	36.40	0	15	-15	-15	15
33	36.41	0	-15	0	0	15
34	36.44	0	-15	0	15	0
35	36.45	15	-15	-15	15	0
36	36.49	-15	15	-15	0	15
37	36.49	0	-15	15	0	0
38	36.55	-15	0	15	-15	15
39	36.57	-15	15	-15	15	0
40	36.59	0	0	-15	0	15
41	36.63	0	0	-15	15	0
42	36.72	15	-15	0	-15	15
43	36.72	15	0	-15	-15	15
44	36.77	0	0	0	-15	15
45	36.81	-15	15	0	-15	15
46	36.89	0	-15	15	-15	15
47	36.98	-15	-15	15	0	15
48	37.16	-15	-15	15	15	0
49	***37.19***	***-15***	***-15***	***0***	***15***	***15***
50	37.42	-15	0	-15	15	15
51	37.51	0	-15	-15	15	15

<229>

<표 4> 다양한 FT 시퀀스들에 대한 그레이 레벨 3 - 1 에 대한 최종 광학 상태

<230> 삭제

인덱스 번호	광 (L*)	프레임 1	프레임 2	프레임 3	프레임 4	프레임 5
1	36.86	0	15	15	-15	-15
2	36.92	15	0	15	-15	-15
3	37.00	15	15	-15	-15	0
4	***37.13***	***15***	***15***	***0***	***-15***	***-15***
5	37.39	15	15	-15	0	-15
6	37.47	0	15	-15	15	-15
7	37.48	15	-15	0	15	-15
8	37.50	0	15	-15	0	0
9	37.52	0	0	15	-15	0
10	37.53	0	0	0	15	-15
11	37.60	15	-15	15	-15	0
12	37.62	15	-15	0	0	0
13	37.63	0	0	15	0	-15
14	37.65	0	15	0	-15	0
15	37.67	-15	15	0	15	-15
16	37.71	-15	0	15	15	-15
17	37.76	0	15	0	0	-15
18	37.77	15	-15	15	0	-15
19	37.79	15	0	-15	15	-15
20	37.80	15	0	-15	0	0
21	37.82	-15	15	15	-15	0
22	37.96	15	0	0	-15	0
23	38.01	-15	15	15	0	-15
24	38.03	0	-15	15	15	-15
25	38.04	0	0	0	0	0
26	38.09	-15	0	0	15	0
27	38.09	15	0	0	0	-15
28	38.15	-15	0	0	0	15
29	38.16	-15	0	15	0	0
30	38.24	-15	15	0	0	0
31	38.40	15	-15	-15	0	15
32	38.43	0	-15	0	0	15
33	38.44	0	-15	0	15	0
34	38.44	0	15	-15	-15	15
35	38.46	15	-15	-15	15	0
36	38.51	-15	15	-15	0	15
37	38.52	0	-15	15	0	0
38	38.59	-15	0	15	-15	15
39	38.61	-15	15	-15	15	0
40	38.65	0	0	-15	0	15
41	38.66	0	0	-15	15	0
42	38.74	15	0	-15	-15	15
43	38.74	15	-15	0	-15	15
44	38.82	0	0	0	-15	15
45	38.89	-15	15	0	-15	15
46	38.95	0	-15	15	-15	15
47	39.02	-15	-15	15	0	15
48	39.21	-15	-15	15	15	0
49	39.22	-15	-15	0	15	15
50	39.44	-15	0	-15	15	15
51	39.53	0	-15	-15	15	15

<231>

<232> 다음으로, cRSGS 파형은 표 2 내지 표 4 및 도 11 (구체적으로는 표 2의 시퀀스 33, 표 3의 시퀀스 49, 및 표 4의 시퀀스 4) 에 표시된 결과들과 다른 최종 그레이 레벨들에 대한 그들의 아날로그 (analog) 들을 이용하여 선택된 FT 시퀀스들을 이용하여 구성된다. 도 11 의 y 축상의 ~36.9 와 ~37.5 L* 사이의 영역은 DC 균형유지된 FT 시퀀스들을 이용하여 이용가능하게 된 상이한 초기 (R_2) 상태들을 갖는 동일한 최종 (R_1) 상태의 광학 반사율 사이의 오버랩을 도시한다. 따라서, R_1=1에 대한 타겟 그레이 레벨이 37.2 L* 에서 선택되었고, 이 타겟에 근접한 최종 광학 상태를 제공하는 각각의 R_2에 대한 FT 시퀀스가 선택되었다. 이 프로세스는 다른 최종 광학 상태 (R_1=0, 2, 3) 들에 대하여 반복되었다.

<233> 마지막으로, 결과 파형은 전술한 모두 5-딥 (deep) 상태 이력을 포함하는 의사-랜덤 시퀀스를 이용하여 테스트되었다. 이 시퀀스는 중요한 324 개의 천이를 포함한다. 선택된 FT 시퀀스에 의해 변경된 cRSGS 파형은 이 시퀀스 내의 모든 천이들을 달성하는데 이용되었고, 달성된 광학 상태들의 각각의 반사율이 기록되었다. 달성된 광학 상태가 도 12 에 도시되었다. 도 10 과 도 12 를 비교함으로써, 그레이 레벨들 각각의 반사율의 확산이 FT 시퀀스들의 병합에 의해 매우 감소되었음을 알 수 있다.

<234> 요약하면, 본 발명의 불연속적인 어드레싱 관점은 (i) 광학 상태에서의 변화를 허용하거나 (ii) DC 균형유지를 달성하기 위한 수단들을 허락하거나 또는 적어도 파형의 DC 불균형 정도에 있어서 변화를 허용하는 FT 시퀀스들

을 제공한다. 이미 살펴본 바와 같이, 예를 들어 그 방법의 DC 불균형된 변형에 대한 FT 시퀀스의 다소 수학적인 정의를 제공하는 것이 가능하다:

<235> (a) DC 기준 펄스의 광학 상태에서의 변화와 실질적으로 상이한 광학 상태를 변화시키는 DC 불균형된 FT 시퀀스의 적용. "DC 기준 펄스"는 전압 V_0 의 펄스이며, 여기서 V_0 는 FT 시퀀스의 네트 임펄스와 동일한 부호를 가지지만 FT 시퀀스 동안에 인가된 최대 전압 진폭에 대응하는 전압이다. 시퀀스의 네트 펄스는 전압 대 시간 곡선의 아래에 있는 영역이며, 심볼 G로 표시된다. 기준 펄스의 지속시간은 $T=G/V_0$ 이다. 이 FT 시퀀스는 기준 펄스의 네트 DC 불균형과 상당히 상이한 DC 불균형을 도입하기 위하여 이용된다.

<236> (b) 시간 기준 펄스를 가지고 달성할 수 있는 광학 변화보다 크기가 더 작은 광학 상태를 변화시키는 DC 불균형된 FT 시퀀스의 적용. "시간-기준 펄스"는 FT 시퀀스와 동일한 지속시간의 싱글-사인드-전압 펄스로 정의되지만, 기준 펄스의 부호는 광학 상태에 있어 최대의 변화를 제공하도록 선택된다. 즉, 전기 광학 매체가 그것의 화이트 상태에 가까이 있는 경우에, 네거티브 전압 펄스는 전기 광학 매체를 약간 더 화이트하게 구동하고, 반면에 포지티브 전압은 전기 광학 매체를 강하게 블랙 쪽으로 구동할 것이다. 이 경우 기준 펄스의 부호는 포지티브이다. FT 펄스의 이 유형의 목표는 광학 상태에 강하게 영향을 미치지 않으면서 (예를 들어, DC 균형유지를 위하여) 네트 전압 임펄스를 조절하는 것이다.

<237> 본 발명의 불연속적인 어드레싱 관점은 천이 파형의 펄스 엘리먼트들 사이에 또는 천이 파형의 펄스 엘리먼트들 속에 삽입된 또한 하나 이상의 FT 시퀀스들을 이용하는 개념과 관련되며, 이전 그레이 레벨들과 이전 체류 시간들의 영향에 반하여 균형을 이루도록 FT 시퀀스들을 이용하는 개념과 관련된다. 본 발명의 하나의 특정 예는 파형의 펄스 엘리먼트의 중앙에 또는 최종 광학 상태를 변경하기 위한 파형의 펄스 엘리먼트들 사이에 삽입된 제로 전압 프레임들의 이용이다.

<238> 본 발명의 불연속적인 어드레싱 관점은 또한 파형들의 미세 조정이 원하는 정밀도로 원하는 그레이 레벨들을 달성하도록 하는 것이며, 전압의 미세 조정을 허가하지 않는 소스 드라이버들을 이용하여, 특히 단지 2개 또는 3개의 전압 레벨들만을 갖는 소스 드라이버들을 이용하여, 파형이 DC 균형 (즉, 다양한 그레이 레벨들에 대하여 임의의 주기적인 왕복운동 (excursion) 동안 제로 네트 전압 임펄스) 에 가까워지도록 할 수 있는 수단들을 달성하는 것이다.

<239> **DC 균형유지된 어드레싱 방법**

<240> 전술한 WO 03/044765의 도 11a, 11b 에서 도시된 톱니 구동 방식은 DC 균형유지 용도로 잘 적용되어 있고, 이 톱니 구동 방식은 단지 제한된 수의 천이만이 블랙 상태를 통하여 임의의 주어진 화소의 연속적인 패스들 사이를 지나갈 수 있다는 것을 보증하고, 실제로 평균 화소는 그것의 천이들의 절반에서 블랙 상태를 통과할 것이라는 점을 보증한다.

<241> 그러나, 이미 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 DC 균형은 천이들의 계속동안 전기 광학 매체에 인가되는 펄스들의 집단의 균형을 잡는 것으로 제한되지 않고, 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법에 따라 디스플레이의 화소들에 의해 겪게 된 천이들의 적어도 일부가 "내부적으로" DC 균형유지되도록 하는 것으로 확장되며, 이 방법은 이하 상세히 설명한다.

<242> 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법은 디스플레이 애플리케이션을 위한 캡슐화된 전기영동 매체 및 다른 펄스-구동 전기 광학 매체를 구동하는데 유리한 DC 균형유지된 천이들에 관련된다. 이 방법은 예를 들어, 2개 내지 3개의 전압들만을 출력할 수 있는 소스 드라이버들을 갖는 액티브-행렬 디스플레이에 적용될 수 있다. 다른 유형의 드라이버들이 이용될 수 있지만, 이하의 대부분의 상세한 설명은 3개 (포지티브, 네거티브, 0) 의 전압 출력들을 갖는 소스 드라이버들을 이용하는 예들에 초점을 맞출 것이다.

<243> 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법에 대한 이하의 설명에서, 본 발명의 이전의 다른 관점들에 대한 설명과 같이, 전기 광학 매체의 그레이 레벨은 1 내지 N으로 표시될 것이며, 여기서 1은 가장 어두운 상태를 표시하며 N은 가장 밝은 상태를 표시한다. 중간 상태들은 어두운 것으로부터 밝은 것으로 숫자가 증가된다. 임펄스 구동 이미징 매체에 대한 구동 방식은 초기 그레이 레벨부터 최종 그레이 레벨로의 천이들을 달성하기 위한 일련의 규정들을 이용한다. 구동 방식은 2-비트 (4 그레이 레벨) 그레이 스케일 디스플레이에서 16개의 가능한 천이들 각각에 대하여 표 5에 도시된 것과 같이, 각각의 천이에 대한 시간의 함수로서 표현될 수 있다.

<244> <표 5>

		최종 그레이 레벨			
		1	2	3	4
초기 그레이 레벨	1	$V_{11}(t)$	$V_{12}(t)$	$V_{13}(t)$	$V_{14}(t)$
	2	$V_{21}(t)$	$V_{22}(t)$	$V_{23}(t)$	$V_{24}(t)$
	3	$V_{31}(t)$	$V_{32}(t)$	$V_{33}(t)$	$V_{34}(t)$
	4	$V_{41}(t)$	$V_{42}(t)$	$V_{43}(t)$	$V_{44}(t)$

<245>

<246> 표 5에서, Vij(t)는 그레이 레벨 i 로부터 그레이 레벨 j로의 천이를 만드는데 이용되는 파형을 표시한다. DC-균형된 천이들은 파형 Vij(t)의 시간 적분이 0인 것들이다.

<247> "광학 레일들" 이란 용어는 전기 광학 매체의 극단적인 광학 상태들을 의미하는 것으로서 앞에서 이미 설명하였다. "매체를 광학 레일들 쪽으로 또는 광학 레일들로 푸싱"한다는 문구가 이하 채용될 것이다. "쪽으로"는, 그 매체의 광학 상태를 광학 레일들 중의 하나를 향해 이동시키기 위해서 전압이 인가되는 것을 의미한다. "푸싱"은, 전압 펄스가, 전기 광학 매체의 광학 상태가 실질적으로 광학 레일들 중의 하나에 가까워지는 충분한 지속시간 및 진폭이라는 것을 의미한다. "광학 레일들로 푸싱"은 광학 레일 상태가 펄스의 말단에서 반드시 달성된다는 것을 의미하지는 않지만, 실질적으로 최종 광학 상태에 근접한 광학 상태가 그 펄스의 말단에서 달성된다는 것을 의미한다는 것을 주의하는 것이 중요하다. 예를 들어, 1% 및 50% 반사율에서 광학 레일들을 갖는 전기 광학 매체를 고려한다. 최종 광학 상태를 (1% 반사율로부터) 50% 반사율로 가져오기 위해서 300msec 펄스가 발견된다. 단지 45%의 최종 반사율을 달성할지라도 그 디스플레이를 고-반사율의 광학 레일로 푸싱하는 것으로서 200msec 펄스를 언급할 수 있다. 이 200msec 펄스는 그 매체를 광학 레일들 중의 하나로 푸싱할 때의 펄스로 생각되는데, 이는 광학 범위의 1/3 ~ 2/3 와 같은 광학 범위의 큰 프랙션을 트래버스하는데 필요한 시간에 비교하여 200msec 지속시간은 길기 때문이다 (이 경우, 200msec 는 그 매체를 반사율 범위의 1/3 ~ 2/3, 여기서는 17% 로부터 34% 반사율로 그 매체를 만드는데 필요한 펄스와 비교하여 길다).

<248> 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법에 따라 DC 균형유지된 천이들의 3개의 상이한 유형을 이하 설명하며, 이와 함께 DC 균형유지된 천이와 DC 불균형된 천이들 모두를 이용하는 하이브리드 구동 방식을 함께 설명한다.

다음의 설명에서는 편의상 펄스들은 숫자로 표현하고 그 숫자의 크기는 그 펄스의 지속시간을 나타낸다. 만일 그 숫자가 포지티브이면, 그 펄스는 포지티브이고, 만일 그 숫자가 네거티브이면, 그 펄스는 네거티브이다. 따라서, 예를 들어, 만일 사용가능한 전압이 +15V, 0V, -15V이고, 그 펄스의 지속시간이 밀리 초 (millisecond; msec) 로 측정되면, 그 펄스는 x=300 으로 특정되고, 300msec, 15V를 나타내며, x=-60은 60msec, -15V를 나타낸다.

<249> 제 I 유형:

<250> 본 발명의 DC 균형유지된 천이의 제 1 및 가장 단순한 유형에서, 전압 펄스 ("x") 는 도 13 에 도시된 바와 같이, 동일한 길이지만 정반대 부호를 갖는 펄스 ("-x") 를 후속한다. (x는 그 자신이 네거티브가 될 수 있으므로, 따라서 포지티브 및 네거티브 펄스는 도 13 에 도시된 것과 정반대의 순서로 나타날 수 있다.)

<251> 전술한 바와 같이, 천이에 영향을 미치는데 이용되는 파형의 효과는 본 발명의 불연속 어드레싱 방법에 따라, 그 파형안에 있는 임의의 펄스들 동안에 또는 그 펄스들 전에 0 전압의 기간 (실제로 시간 지연) 의 존재에 의해 수정될 수 있다. 도 14 및 15 는 도 13 의 파형의 변형들을 도시한다. 도 14 에서, 시간 지연은 도 13 의 2개의 펄스들 사이에 삽입되고, 도 15 에서 시간 지연은 양이 동일한 도 13 의 제 2 펄스 안에 삽입되며, 도 13 의 제 2 펄스는 시간 지연에 의해 분리된 2개의 개별 펄스들로 나뉜다. 이미 설명한 바와 같이, 시간 지연들은 그런 지연들 없이는 달성불가능한 광학 상태들을 달성하기 위해 파형 안에 병합될 수 있다. 시간 지연은 미세-조정 최종 광학 상태에 사용될 수도 있다. 이 미세 조정 능력은 중요한데, 이는 액티브 행렬 구동에서, 각 펄스의 시간 해상도는 그 디스플레이의 스캔 레이트에 의해 결정되기 때문이다. 스캔 레이트에 의해 제공된 시간 해상도는 정밀한 광학 상태가 미세 조정의 일부 추가적인 수단들 없이는 달성될 수 없을 정도로 조악해질 수 있다. 시간 지연들은 최종 광학 상태의 작은 정도의 미세 조정을 제공하며, 아래 기술한 것과 같은 추가적인 특성들은 최종 광학 상태의 어림 조정 및 미세한 조정의 추가적인 수단을 제공한다.

<252> 제 II 유형:

<253> 제 II 유형 파형은 도 16 에 심볼로서 도시된 바와 같이, 전술한 제 I 유형과, 제 I 유형의 파형 안의 일부 포

인트에 포지티브 및 네거티브 펄스 쌍 ("y" 및 "-y" 으로 표시) 의 삽입으로 구성된다. y 및 -y 펄스는 연속적일 필요는 없으며 원래의 파형안에 상이한 위치에 제공될 수도 있다. 제 II 유형의 2가지 특별한 유익한 형태가 있다.

<254> 제 II 유형: 특별한 경우 A:

<255> 이 특별한 형태에서, "-y, y" 펄스 쌍은 "-x, x" 펄스 쌍 앞에 놓인다. 도 17 에 도시된 바와 같이, y 및 x 가 정반대의 부호인 경우에, 최종 광학 상태는 심지어는 지속시간 y의 약간의 어림 조절에 의해서도 미세하게 조정될 수 있다. 따라서, x의 값은 어림 제어 및 전기광학 매체의 최종 광학 상태의 미세한 조절을 위한 y 값을 위해 조절될 수 있다. 이것은 발생될 것으로 기대되는데, 이는 y 펄스가 -x 펄스를 증가시키고 따라서 전기 광학 매체가 그것의 광학 레일들 중의 하나로 푸싱되는 정도를 변화시키기 때문이다. 광학 레일들 중의 하나로 푸싱하는 정도는 그 광학 레일로부터의 펄스 (이 경우에는, x 펄스에 의해 제공됨) 이후에 최종 광학 상태의 미세 조정을 제공하는 것으로 알려져 있다.

<256> 제 II 유형: 특별한 경우 B:

<257> 전술한 이유들 때문에, 전기 광학 매체를 실질적으로 하나의 광학 레일로 구동 하기에 충분히 긴 하나 이상의 펄스 엘리먼트를 가진 파형들을 사용하는 것이 유리하다는 것이 발견되었다. 또한, 보다 시각적으로 만족스러운 천이에 대하여, 광학 레일에 더 가까운 곳으로부터 최종 광학 상태로 도달하는 것이 바람직한데, 이는 광학 레일에 가까운 그레이 레벨에 도달하는 것은 짧은 최종 펄스만을 요구하기 때문이다. 이 유형의 파형들은 광학 레일로 구동하는데 긴 하나 이상의 펄스와, 그 광학 레일에 가까운 최종 상태를 달성하기 위한 짧은 펄스를 필요로 하며, 따라서 전술한 제 I 유형 구조를 가질 수 없다. 그러나, 제 II 유형의 파형의 특별한 경우는 이 파형의 유형을 달성할 수 있다. 도 18 은 그러한 파형의 한 예를 도시하며, 여기서 y 펄스는 -x, x 펄스 쌍 이후에 놓이며, -y 펄스는 -x, x 펄스 쌍 이전에 놓인다. 이 파형의 유형에서, 최종 y 펄스는 어림 조정을 제공하는데, 이는 최종 광학 상태가 y의 크기에 매우 민감하기 때문이다. x 펄스는 미세한 조정을 제공하는데, 이는 최종 광학 상태가 통상적으로 광학 레일 안으로의 구동의 크기에 강하게 의존하지 않기 때문이다.

<258> 제 III 유형:

<259> 본 발명의 DC 균형유지된 파형의 제 3 유형 (제 III 유형) 은 도 19 에 개략적으로 도시된 바와 같이, 또 다른 DC 균형유지된 펄스 쌍 ("z", "-z"로 표시됨) 을 그 파형 안으로 도입한다. 제 III 유형의 파형의 바람직한 예는 도 20 에 도시되었으며, 이 파형의 유형은 다음과 같은 이유로 최종 광학 상태의 미세 조정에 유용하다. z 및 -z 펄스들이 없는 상황을 (즉, 전술한 제 II 유형) 가정한다. x 펄스 엘리먼트는 미세 조정을 위해 이용되며, 최종 광학 상태는 x 증가에 따라 감소될 수 있고, x 감소에 따라 증가될 수 있다. 그러나, x 를 일정 포인트를 넘어서 감소시키는 것은 바람직하지 않은데, 이는 전기 광학 매체가 그 파형의 안정을 위해 요구되는 것과 같이 광학 레일에 충분히 가까운 곳으로 가져오게 되지 않기 때문이다. 이 문제를 피하기 위하여, x를 감소시키는 대신에, 도 20 에 도시된 바와 같이, -z 및 z 펄스 쌍을 부가함으로써 x 펄스를 변화시키지 않고 -x 펄스를 (실제로) 증가시킬 수 있으며, 여기서 z는 x와 정반대의 부호를 갖는다. z 펄스는 -x 펄스를 증가시키며, -z 펄스는 천이를 제로 네트 임펄스로 유지한다 즉, DC 균형유지된 천이로 유지한다.

<260> 전술한 제 I, II, III 유형의 파형들은 물론 다양한 방법으로 수정될 수 있다. 추가적인 펄스 쌍들이 보다 일반적인 구조를 달성하기 위하여 파형에 부가될 수 있다. 그러한 부가적인 쌍들의 장점은 펄스 엘리먼트들의 수의 증가와 함께 감소되지만, 그런 파형들은 제 I, II, III 유형의 파형들의 당연한 확장이다. 또한, 이미 전술한 바와 같이, 하나 이상의 시간 지연들이 도 14 및 15 에 도시된 바와 동일한 방식으로, 임의의 파형들안에 다양한 장소에 삽입될 수 있다. 이미 언급한 바와 같이, 펄스들 내의 시간 지연은 달성된 최종 광학 상태에 영향을 미치며, 미세 조정에 유용하다. 또한, 시간 지연들의 배치는, 다른 천이들의 천이 엘리먼트들에 대하여는 물론 동일한 천이의 다른 엘리먼트들에 대한 천이 엘리먼트들의 위치의 변화에 의해, 천이들의 시각적인 외형을 변화시킬 수 있다. 또한, 시간 지연은 일정 파형 천이 엘리먼트들의 정렬에 이용될 수도 있고, 이는 일정 제어기 능력을 갖는 일정 디스플레이 모듈들에서 유용할 수 있다. 또한, 인가된 펄스들의 정렬에 있어서 작은 변화가 실질적으로 다음의 펄스들의 광학 상태를 변화시킬 수 있다는 사실의 인식시, 출력 신호는 전술한 펄스 시퀀스들 중 하나의 전부 또는 일부를 전치 (transpose) 함으로써, 또는 전술한 시퀀스들 중 하나의 전부 또는 일부의 순서를 반복적인 전치함으로써, 또는 전술한 시퀀스들 중 하나의 임의의 위치에 하나 이상의 0V의 기간을 삽입함으로써 형성될 수도 있다. 또한, 이들 전치 및 삽입 동작은 임의의 순서로 결합될 수 있다 (예를 들어, 0V 삽입 이후에 전치 그리고, 0V 삽입). 이들 변형에 의해 형성된 이런 모든 펄

스 시퀀스들은 제로 네트 임펄스를 갖는 본질적인 특성을 유지한다는 점에 주의함이 중요하다.

<261> 마지막으로, DC 균형유지된 천이들은 완전한 구동 방식을 형성하기 위하여 DC 불균형된 천이들과 결합될 수 있다. 예를 들어, 2003년 7월 2일에 출원하여 동시계류중인 출원 60/481,053호는 -TM(R1, R2)[IP(R1)-IP(R2)]TM(R1,R2) 유형의 바람직한 파형을 기술한다. 여기서, [IP(R1)-IP(R2)] 는 고려중인 천이의 최종 및 초기 상태 사이의 펄스 전위 차이를 나타내며, 2개의 나머지 텀은 DC 균형유지된 펄스의 쌍을 나타낸다. 편의상 이 파형은 이후에 -x/△IP/x 파형으로 나타내고, 도 21 에 도시되어 있다. 광학 상태들을 달리하는 것 사이에서는 천이이 만족스러운 반면, 초기 및 최종 광학 상태가 동일한 제로 천이들에 대하여는 그 파형은 덜 만족스럽다. 이들 제로 천이들을 위하여 이 예에서는, 도 17 및 도 18 에 도시된 것들과 같은 제 II 유형의 파형들이 이용되었다. 이 완전한 파형은 표 6에서 심볼로서 도시되어있으며, -x/△IP/x 파형은 논-제로 천이들에 이용되고 제 II 유형 파형은 제로 천이들을 위해 이용되었음을 알 수 있다.

<262> <표 6>

		최종 그레이 레벨			
		1	2	3	4
초기 그레이 레벨	1	Type II	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x
	2	-x/ΔIP/x	Type II	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x
	3	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	Type II	-x/ΔIP/x
	4	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	-x/ΔIP/x	Type II

<263>

<264> DC 균형유지된 어드레싱 방법은 물론 이 유형의 천이 행렬들에 한정되지 않으며, 여기서 DC 균형유지된 천이들은 "리딩 다이아고날 (leading daigonal)" 천이들에 한정되며, 그레이 레벨들의 제어의 개선을 최대화하기 위하여, 초기 및 최종 그레이 레벨들은 동일하며, DC 균형유지된 천이들의 수를 최대화하는 것이 바람직하다. 그러나, 사용중인 특정 전기 광학 매체에 따라, 예를 들어 각각 그레이 레벨 1 과 4인 블랙과 화이트로의 천이 또는 블랙과 화이트로부터의 천이와 같은, 극단적인 그레이 레벨로의 천이 또는 극단적인 그레이 레벨로부터의 천이를 포함하는 DC 균형 천이들은 어려울 수도 있다. 또한, DC 균형될 천이들을 선택함에 있어서, 전체 천이 행렬을 불균형시키지 않는 것 즉, 동일한 그레이 레벨에서 시작하고 종료하는 페루프가 DC 불균형인 천이 행렬을 생산하지 않는 것이 중요하다. 예를 들어, 그레이 레벨 안에 0 또는 1 유닛의 변화만을 포함하는 천이들은 DC 균형유지되나 다른 천이들은 DC 불균형이라는 규정은 바람직하지 않은데, 이는 다음의 예에서 볼 수 있는 바와 같이, 이것은 전체 천이 행렬을 불균형하게 할 수 있기 때문이다; 그레이 레벨들 2-4-3-2 의 시퀀스를 겪는 화소는 2-4 (DC 불균형), 4-3 (균형) 및 3-2 (균형) 천이들을 경험하고 따라서 전체 루프는 불균형하게 될 것이다. 이들 2개의 모순되는 요구사항들 사이의 실질적인 절충은, 중간의 그레이 레벨 (레벨 2 및 3) 만이 포함된 경우에는 DC 균형유지된 천이들을 이용하고 극단적인 그레이 레벨 (레벨 1 또는 4) 에서 천이이 시작하거나 종료하는 경우에는 DC 불균형된 천이들을 이용하는 것일 수 있다. 그런 규정을 위해 선택된 중간의 그레이 레벨들은 사용된 특정 전기 광학 매체 및 제어기에 따라 변화될 수 있으며; 예를 들어, 3-비트 (8 그레이 레벨) 디스플레이에서, 그레이 레벨 2-7 (또는 3-6) 에서 시작하거나 종료하는 모든 천이들에서 DC 균형유지된 천이들을 이용하고, 그레이 레벨 1과 8 (또는 1, 2, 7 및 8) 에서 시작하거나 종료하는 모든 천이들에서 DC 불균형된 천이들을 이용하는 것이 가능하다.

<265> 전술한 내용으로부터, 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법은, 고 정밀로도 원하는 그레이 레벨들을 달성하기 위한 파형들의 미세 조정을 허용하며, 파형 천이이, 특히 2개 또는 3개의 전압 레벨들만을 갖는 소스 드라이버들과 같이 전압의 미세 조정을 허가하지 않는 소스 드라이버를 이용하여 제로 네트 전압을 가질 수 있는 수단을 허용한다는 것을 알 수 있다. DC 균형유지된 파형은 DC 불균형 파형들보다 우수한 성능을 제공한다는 것을 이해하여야 한다. 본 발명은 일반적으로 디스플레이들에 적용되며, 특별히 배타적인 것은 아니지만, 2개 또는 3개의 전압만을 제공하는 소스 드라이버들을 갖는 액티브-행렬 디스플레이 모듈에 적용된다. 또한, 본 발명은 더 많은 전압 레벨들을 제공하는 소스 드라이버들을 갖는 액티브-행렬 디스플레이 모듈들에 적용된다.

<266> 본 발명의 DC 균형유지된 어드레싱 방법은 일정한 부가적인 장점들을 제공할 수 있다. 전술한 바와 같이, 본 발명의 일부 구동 방법들에서, 천이 행렬은 이전 광학 상태 이외의 변수들 예를 들어, 마지막 업데이트 이후의 시간의 길이 또는 디스플레이 매체의 온도의 함수이다. 불-균형된 천이들을 갖는 경우에, DC 균형을 유지하는 것은 매우 어렵다. 예를 들어, 25℃에서 화이트로부터 블랙으로, 그후에 0℃에서 블랙으로부터 화이트로 반복적으로 천이하는 디스플레이를 고려한다. 낮은 온도에서의 더 느린 응답은 통상적으로 더 긴 펄스

길이를 나타낼 것이다. 결과적으로, 디스플레이는 화이트 쪽으로 네트 DC 불균형을 경험할 것이다. 반면에, 모든 천이들이 내부적으로 균형되면, 상이한 천이 행렬들이 DC 불균형을 도입하지 않고 자유롭게 혼합될 수 있다.

<267> **규정된 영역 방법**

<268> 전술한 바와 같이, 리셋 단계들에 대한 부정적인 (objectionable) 영향들은 전체적인 업데이트보다는 로컬 업데이트를 이용함으로써 보다 감소될 수 있는 즉, 연속적인 이미지들 사이에서 변화하는 디스플레이의 일부분들만을 재기입함으로써 감소될 수 있으며, 재기입되어야 할 부분은 "로컬 영역"으로 또는 개별 화소마다 선택될 수 있다. 예를 들어, 고장 복구 (accident reconstruction) 에 사용되는 기계 장치들 또는 다이어그램들에서 일부분들을 설명하는 다이어그램에서와 같이, 상대적으로 작은 물체들이 보다 큰 정지 배경들을 가로질러 움직이는 일련의 이미지들을 발견하는 것은 드문 일이 아니다. 로컬 업데이트를 이용하기 위하여, 디스플레이 제어기는 최종 이미지를 초기 이미지와 비교하고 그 영역(들)이 2개의 이미지들 사이에서 상이한지 여부를 결정하고 따라서 재기입이 필요한지 여부를 결정할 필요가 있다. 제어기는, 업데이트될 필요가 있는 화소들을 포함하는 화소 격자에 의해 정렬된 축들을 갖는 통상적으로 직사각형 영역인, 하나 이상의 로컬 영역을 확인하거나, 업데이트될 필요가 있는 개별 화소들을 단순히 확인할 수 있다. 이미 설명한 임의의 구동 방식들은 로컬 영역들만을 업데이트하거나 따라서 재기입이 필요한 것으로 확인된 개별 화소들을 업데이트하기 위해 적용될 수 있다. 그러한 로컬 업데이트 방식은 실질적으로 디스플레이의 에너지 소모를 감소시킨다.

<269> 또한, 이미 설명한 바와 같이, 본 발명의 규정된 영역 방법은 디스플레이의 상이한 영역들 안에서 상이한 업데이트 방법들을 이용하여 쌍안정 전기 광학 디스플레이를 업데이트하는 것을 허가하는 규정된 영역 방법을 제공한다.

<270> 전체 디스플레이가 원-비트 모드 또는 그레이스케일 모드로 구동될 수 있는 전기 광학 디스플레이는 공지되어 있다. 디스플레이가 원-비트 모드에 있을 때, 업데이트는 원-비트 일반 이미지 플로우 (GIF) 파형을 이용하여 영향을 받고, 반면에 디스플레이가 그레이스케일 모드에 있을 때에는, 디스플레이의 특정 영역 안에서 단지 원-비트 정보만이 업데이트 중인 경우이더라도, 업데이트는 멀티-프리펄스 슬라이드 쇼 파형 또는 다른 슬로우 파형을 이용하여 영향받는다.

<271> 그러한, 전기 광학 디스플레이는 2개의 추가적인 커맨드 즉, "DEFINE REGION" 커맨드 및 "CLEAR ALL REGIONS" 커맨드를 제어기 안에서 정의함으로써 본 발명의 규정된 영역 방법을 수행하기 위해 변경될 수 있다. DEFINE REGION 커맨드는 디스플레이의 직사각형 영역을 완전하게 정의하기에 충분한 위치를, 예를 들어, 규정된 영역의 상부 우측 및 하부 좌측 코너들의 위치를 통상 독립 변수 (argument) 로서 취하고; 또한, 이 커맨드는 규정된 영역이 설정되는 비트 깊이를 특정하는 추가적인 독립 변수를 가질 수 있으며, 규정된 영역이 항상 모노크롬인 규정된 영역 방법의 단순한 형태에서 이 마지막 독립 변수가 필요하지 않을지라도 이 변수를 가질 수 있다. 물론 마지막 독립 변수에 의해 설정되는 비트 깊이는 규정된 영역에 대하여 이전에 설정된 임의의 비트 깊이를 오버라이드 (override) 한다 . 대안적으로, DEFINE REGION 커맨드는 다각형의 꼭지점들을 정의하는 일련의 포인트들을 특정할 수 있다. CLEAR ALL REGIONS 커맨드는 아무런 독립 변수를 가지지 않으며, 단순히 전체 디스플레이를 단일 소정의 비트 깊이로 리셋하거나, 클리어링 (clearing) 동작 이후에 전체 디스플레이에 의해 채택되어야 하는 다양한 가능한 비트 깊이들을 특정하는 단일 독립 변수를 취할 수도 있다.

<272> 본 발명의 규정된 영역 방법은 2개의 영역만을 이용하는 것으로 한정되지 않으며, 원한다면 보다 많은 영역들이 제공될 수 있음을 이해하여야 한다. 예를 들어, 이미지 편집 프로그램에서, 풀 비트 깊이로 편집되는 이미지를 나타내는 주요 영역과, 정보 디스플레이 영역 (예를 들어, 현재의 커서 위치를 나타내는 박스) 및 원-비트 모드로 동작하는 다이얼로그 박스 (사용자에 의한 텍스트의 입력을 위한 다이얼로그 박스를 제공하는) 영역 모두를 갖는 것은 유리할 수 있다. 본 발명은 이하 두 개의 영역 버전에서 주로 설명될 것이며, 이는 2개 이상의 영역의 사용을 가능하게 하는데 필요한 수정들이 디스플레이 제어기의 구성 분야에서 당업자에게 자명하기 때문이다.

<273> 상이한 영역의 심도들을 기억하기 위하여, 제어기는 저장 엘리먼트들의 어레이를 유지할 수 있으며, 하나의 엘리먼트는 디스플레이 안에서 각각의 화소와 연관되어 있으며, 각각의 엘리먼트는 그 연관된 화소에 대한 현재의 비트 깊이를 나타내는 값을 저장한다. 예를 들어, 1 비트 또는 2 비트 모드로 동작할 수 있는 XVGA (800 x 600) 디스플레이는 1 비트 엘리먼트들 (각각 1비트 모드에 대하여는 0, 2 비트 모드에 대하여는 1 을 포함) 의 800 x 600 어레이를 사용할 수 있다. 그러한 제어기에서, DEFINE REGION 커맨드는 디스플레이의 규정된 영역 내의 그 엘리먼트들을 요청된 비트 깊이로 설정할 수 있고, CLEAR ALL REGIONS 커맨드는 어레이의 모든 엘리

먼트들을 동일한 값 (소정의 값 또는 커맨드의 독립 변수에 의해 결정된 하나) 으로 리셋할 수 있다.

<274> 선택적으로, 영역이 한정되거나 클리어되면, 예를 들어 전술한 바와 같이 FT 시퀀스를 이용함으로써 DC 균형유지를 보증하거나 관련 화소들의 광학 상태들을 조절하기 위하여, 제어기는 하나의 모드로부터 다른 모드로 디스플레이를 전달하기 위하여 그 영역내의 화소에 대하여 업데이트 시퀀스를 실행할 수 있다.

<275> 디스플레이가 규정된 영역 모드로 동작중이면, 새로운 이미지가 제어기로 보내지고, 디스플레이는 재기입되어야 (redrawn) 하며, 3가지의 가능한 경우가 있다:

<276> 1. 규정된 (say) 원-비트 영역 안의 화소들만이 변화된다. 이 경우, 원-비트 (fast) 파형은 디스플레이를 업데이트하는데 이용될 수 있다;

<277> 2. 비-한정 (그레이스케일) 영역들 내의 화소들만이 변화된다. 이 경우, 그레이스케일 (slow) 파형은 디스플레이를 업데이트하는데 사용되어야 한다 (당연히, 화소들은 규정된 영역 내에서 변화되지 않기 때문에, 재기입 동안에 예를 들어, 다이얼로그 박스와 같은 규정된 영역의 판독용이성 (legibility) 은 문제가 되지 않는다) ; 그리고

<278> 3. 규정된 영역과 비규정된 영역들 내의 화소들이 변화된다. 이 경우 그레이스케일 화소들은 그레이스케일 파형을 이용하여 업데이트되고, 원-비트 화소들은 원-비트 파형을 이용하여 업데이트된다 (더 짧은 원-비트 파형은 그레이스케일 업데이트의 길이를 조화시키기 위하여 제로-패드되어야 (zero-padded) 한다).

<279> 제어기는 디스플레이를 스캔하기 전에, 다음의 로직 테스트를 수행함으로써, 이들 경우들 중 어느 것이 존재하는지 여부를 결정할 수 있다 (전술한 바와 같이, 화소와 연관된 원-비트 값을 가정하고 그 화소 모드를 저장한다):

<280> (Old_image XOR new_image) > 0: 화소들은 디스플레이 내에서 변화된다

<281> (Old_image XOR new_image) AND mode_arrary > 0: 그레이스케일 화소들이 변화된다

<282> (Old_image XOR new_image) AND (NOT mode_array) > 0: 모노크롬 화소들이 변화된다

<283> 제어기가 디스플레이를 스캔하기 때문에, 1의 경우나 2의 경우에 대하여 모든 화소에 대해 하나의 파형 검색 테이블을 사용할 수 있으며, 이는 변화되지 않은 화소들이 0V를 받게 되기 때문이며, 원-비트 모드 내의 널 (null) 천이는 그레이스케일 모드에서와 동일한 것으로 가정한다 (즉, 두 파형은 로컬-업데이트된다). 대신 그레이스케일 파형이 글로벌-업데이트 (디스플레이가 업데이트될 때마다 모든 화소가 업데이트됨) 되면, 제어기는 글로벌-업데이트 파형을 적용할지 여부를 결정하기 위하여, 화소가 적당한 영역 내에 있는지 여부를 알기 위한 테스트를 필요로 하게 될 것이다. 3의 경우에, 제어기는 어떤 파형이 사용되어야 할지 결정하기 위하여 스캔할 때, 각각의 화소에 대한 모드 비트 어레이의 값을 체크하여야 한다.

<284> 선택적으로, 원-비트 모드로 달성되는 블랙 및 화이트 상태들의 명도 (lightness) 값들이 그레이스케일 모드로 달성되는 명도값들과 동일하면, 3의 경우에서 상기 그레이스케일 파형은 디스플레이 내의 모든 화소들을 위하여 이용될 수 있고 따라서, 원-비트 및 그레이스케일 파형들 간의 천이 함수들의 필요성을 제거한다.

<285> 본 발명의 규정된 영역 방법은 전술한 바와 같이, 기본 검색 테이블 방법의 임의의 선택적인 특성들을 이용할 수 있다.

<286> 본 발명의 규정된 영역 방법의 주요한 이점은 이전에 기입된 그레이스케일 이미지를 표시하고 있는 디스플레이에 빠른 원-비트 파형의 이용을 가능하게 한다는 점이다. 종래의 디스플레이 제어기들은 통상 디스플레이들이 어느 순간에나 그레이스케일 또는 원-비트 모드 중 하나에 있도록 허락할 뿐이다. 원-비트 이미지를 그레이스케일 모드로 기입하는 것이 가능한 반면, 관련 파형들은 매우 느리다. 또한, 본 발명의 규정된 영역 방법은 본질적으로 이미지들을 제어기에 제공하는 (통상적으로 컴퓨터인) 호스트 시스템에 대하여 명백하며, 이는 호스트 시스템이 어떤 파형이 사용되어야 하는지 제어기에 지시할 필요가 없기 때문이다. 결국, 규정된 영역 방법은 원-비트 및 그레이스케일 파형들 모두가 디스플레이에서 동시에 이용될 수 있도록 허락하며, 반면에 만일 두 종류의 파형들이 이용된다면 다른 해결책들은 2개의 개별 업데이트 이벤트들을 요구한다.

<287> **좀더 일반적인 파형의 설명**

<288> 전술한 구동 방식은 사용된 특정 전기 광학 디스플레이의 특성에 따라서 다양한 방식으로 변화될 수 있다. 예를 들어, 일정한 경우에, 전술한 구동 방식들에서 다수의 리셋 단계들을 제거하는 것이 가능할 수 있다.

예를 들어, 사용된 전기 광학 매체가 오랜 기간동안 쌍안정이고 (즉, 기입된 화소의 그레이 레벨이 매우 천천히 변화하고), 화소가 그것의 초기 그레이 상태에 있는 기간동안 특정 천이에 필요한 임펄스가 급격히 변화하지 않으면, 검색 테이블은, 상당한 기간이 지난 이후에, 그 명목상의 그레이 레벨들로부터 화소들의 점진적인 "드리프트" 가, 제공된 이미지에서 상당한 에러들을 야기하는 경우에만 영향받는 디스플레이를 리셋하면서, 그레이 상태-그레이 상태 천이이 임의의 개입없이 블랙 또는 화이트 상태로 직접 회귀 (return) 하도록 영향을 주도록 구성될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 사용자가 본 발명의 디스플레이를 전자 북 독자로서 사용중이라면, 디스플레이의 리셋팅이 필요하기 이전에 정보의 다수의 스크린을 디스플레이하는 것이 가능할 수 있다; 실험적으로, 적절한 파형들과 드라이버들을 가지고, 리셋팅이 필요하기 이전에 정보의 1000 스크린 정도가 디스플레이될 수 있고, 실제상 전자 북 독자의 통상적인 독서 시간 동안에 리셋팅이 필요하지 않을 수 있다.

<289> 본 발명의 단일 장치는 다양한 조건들에서 사용하기 위하여 복수의 다른 구동 방식들과 함께 유용하게 제공될 수 있다는 점은, 디스플레이 기술분야의 당업자에게 자명하다. 예를 들어, 전술한 WO 03/044765의 도 9 및 10에 도시된 구동 방식에서, 리셋 펄스들은 디스플레이의 총 에너지 소모 중 상당한 부분을 소모하기 때문에, 제어기는 자주 디스플레이를 리셋하여 그레이 스케일 에러를 최소화하는 제 1 구동 방식과, 디스플레이를 더 긴 기간 간격으로 리셋하여 더 큰 그레이 스케일 에러들을 허용하지만 에너지 소모는 줄이는 제 2 방식이 제공될 수 있다. 두 방식들 사이의 스위칭은 수동적으로 (manually) 또는 외부 파라미터들에 의존하여 영향받을 수 있다; 예를 들어, 디스플레이가 랩탑 컴퓨터에 이용되는 경우에, 제 1 구동 방식은 컴퓨터가 메인 전력으로 (mains electricity) 작동중일 때 이용될 수 있고 제 2 방식은 컴퓨터가 내부 배터리 전력으로 작동중일 때 이용될 수 있다.

<290> **보상 전압 방법**

<291> 본 발명의 기본 검색 테이블 방법 및 장치에 대한 또 다른 변형은 본 발명의 보상 전압 방법에 의해 제공되며 이하 상세히 설명하기로 한다.

<292> 전술한 바와 같이, 본 발명의 보상 전압 방법 및 장치는 매우 큰 검색 테이블을 저장할 필요없이도 전술한 기본 검색 테이블 방법들과 유사한 결과를 달성하고자 한다. 검색 테이블의 크기는 검색테이블이 인덱스된 것과 관련된 이전 상태들의 수에 따라 매우 급속히 커진다. 이런 이유로, 전술한 바와 같이, 쌍안정 전기 광학 디스플레이에서 원하는 천이를 달성하기 위한 펄스를 선택하는데 이용되는 이전 상태들의 수를 증가시키는 것에 대하여 실제적인 제한 및 비용 고려가 있다.

<293> 본 발명의 보상 전압 방법 및 장치에서, 필요한 검색 테이블의 크기는 감소되며, 보상 전압 데이터는 디스플레이의 각각의 화소에 대하여 저장되고, 이 보상 전압 데이터는 관련 화소에 이전에 인가된 하나 이상의 임펄스에 따라 계산된다. 결국 화소에 인가된 전압은, 통상의 방식으로 검색 테이블로부터 선택된 구동 전압과, 관련 화소에 대한 보상 전압 데이터로부터 결정된 보상전압의 합이다. 실제로, 보상 전압 데이터는, 하나 이상의 부가적인 이전 상태들에 대한 검색 테이블을 인덱싱함에 의해 다르게 인가되는 것과 같은 "정정 (correction)" 을 화소에 인가한다.

<294> 보상 전압 방법에서 이용된 검색 테이블은 전술한 유형 중 임의의 것이 될 수 있다. 따라서 검색 테이블은 관련된 천이 동안에 화소의 초기 및 최종 상태들에만 허용되는 간단한 2차원 테이블이 될 수 있다. 대안적으로, 검색 테이블은 하나 이상의 일시 이전 상태 및/또는 그레이 레벨 이전 상태들을 고려할 수 있다. 보상 전압은 관련 화소에 저장된 보상 전압 데이터만을 고려할 수도 있지만, 선택적으로 하나 이상의 일시 이전 상태 및/또는 그레이 레벨 이전 상태들을 고려할 수도 있다. 보상 전압은, 구동 전압이 그 화소에 인가되는 기간동안 만이 아니라, 어떤 구동 전압도 그 화소에 인가되고 있지 않은 소위 "홀드" 상태들 동안에도 관련 화소에 인가될 수 있다.

<295> 보상 전압 데이터가 결정되는 정확한 방식은 이용된 쌍안정 전기 광학 매체의 특성과 함께 광범위하게 변화될 수 있다. 통상적으로, 보상 전압 데이터는 현재의 및/또는 하나 이상의 스캔 프레임들 동안에 화소에 인가된 구동 전압에 의해 결정되는 방식으로 주기적으로 변경될 것이다. 본 발명의 바람직한 형태에서, 보상 전압 데이터는 디스플레이의 각각의 화소에 연관된 단일 수의 (레지스터) 값으로 구성된다.

<296> 본 발명의 바람직한 실시형태에서, 스캔 프레임들은 전술한 방식으로 슈퍼프레임으로 그룹화되어 디스플레이의 업데이트가 슈퍼프레임의 시작시에만 시작될 수 있다. 슈퍼프레임은 예를 들어, 10개의 디스플레이 스캔 프레임들로 구성되며, 하나의 디스플레이에 대하여 50Hz 스캔 레이트를 가지고 디스플레이 스캔은 20ms 길이이고 슈퍼프레임은 200ms 길이이다. 각각의 슈퍼프레임 동안에 디스플레이가 재기입되고, 각각의 화소에 연관된

보상 전압 데이터는 업데이트된다. 업데이트는 다음의 순서로 2개의 부분으로 구성된다:

<297> (1) 관련 슈퍼프레임 동안에 인가된 펄스에 무관하게 일정한 알고리즘을 이용하여 이전 값을 변경하는 단계; 및

<298> (2) (1) 의 단계로부터의 값을 관련 슈퍼프레임 동안에 인가된 임펄스에 의해 결정된 양만큼 증가시키는 단계.

<299> 특히 바람직한 실시형태에서 단계 (1), (2) 는 다음과 같이 수행된다:

<300> (1) 이전 값을, 편리하게는 2인, 일정한 상수로 나누는 단계; 및

<301> (2) 관련 슈퍼프레임 동안에 전기 광학 매체에 인가된 전압/시간 곡선 아래의 총 영역에 비례하는 값만큼 단계 (1) 로부터의 값을 증가시키는 단계.

<302> 단계 (2) 에서, 그 증가는, 관련 슈퍼프레임 동안에 전압/시간 곡선 아래의 영역에 정확히 또는 단지 대략적으로 비례할 수 있다. 예를 들어, 도 22 를 참조하여 하기에 설명한 바와 같이, 그 증가는 모든 가능한 인가된 파형들에 대한 한정된 세트의 클래스들로 "양자화 (quantize)" 될 수 있으며, 각 클레스는 2개의 바운드들 사이에 총 영역을 갖는 모든 파형들을 포함하며, 단계 (2) 에서의 증가는 인가된 파형이 속하는 클래스에 의해 결정된다.

<303> 이하 다음 예를 설명하기로 한다. 이용된 디스플레이는 2-비트 그레이 스케일 캡슐화된 전기영동 디스플레이이며, 채용된 구동 방법은 아래 표 7에 도시된 바와 같은 2차원 검색 테이블을 이용하였고, 이는 초기 상태와 원하는 천이의 최종상태만을 고려하였다; 이 테이블에서, 열의 상부는 디스플레이의 원하는 최종상태를 나타내고, 행의 서두는 초기 상태를 나타내며, 개별 셀들 안의 수는 소정 기간동안에 화소에 인가된 전압을 볼트로 나타낸 것이다.

<304> <표 7>

<305>

		까지:	까지:	까지:	까지:
		0	**1**	**2**	**3**
부터:	**0**	0	+6	+9	+15
부터:	**1**	-6	0	+6	+9
부터:	**2**	-9	-6	0	+6
부터:	**3**	-15	-9	-6	0

<306> 본 발명의 보상 전압 방법의 실행을 허용하기 위하여, 단일의 수 (numerical) 레지스터가 디스플레이의 각각의 화소에 연관되었다. 표 7에 도시된 다양한 임펄스들은 분류되고, 펄스 클래스는 아래 표 8에 도시된 바와 같이 각 임펄스와 연관된다.

<307> <표 8>

<308>

펄스 전압 (V)	-15	-9	-6	0	+6	+9	+15
펄스 클래스	-30	-18	-12	0	12	18	30

<309> 각 슈퍼프레임 동안에, 각각의 화소에 연관된 수 레지스터는 2로 나뉘고, 그 후에 동일한 슈퍼프레임 동안에 관련 화소에 인가된 펄스에 대하여 표 8에 도시된 수 값 만큼 증가된다. 슈퍼프레임 동안에 각각의 화소에 인가된 전압은 표 7에 도시된 바와 같은 구동 전압과 다음과 같은 식으로 주어지는 보상전압 V_{comp} 의 합이다:

<310> V_{comp}=A*(화소 레지스터)

<311> 여기서 화소 레지스터 값은 관련 화소에 연관된 레지스터로부터 판독되며, "A"는 소정의 상수이다.

<312> 본 발명의 이 바람직한 보상 전압 방법의 실험실 실험에서, 그 전방이 ITO로 형성되고 광투과성인 병렬 전극들 사이에서 스위치되는 캡슐화된 전기영동 매체를 이용하는 단일 화소 디스플레이는 그것의 블랙 및 화이트 상태들 사이에서 300msec +/-15V 스퀘어 웨이브 펄스들에 의해 구동된다. 그것의 화이트 상태에서 시작된 디스플레이는 블랙으로 구동되고 일정 체류시간 이후에 화이트로 다시 돌아간다. 첨부된 도면의 도 22 에 도시된 바와 같이, 최종 화이트 상태의 명도는 체류 상태의 함수라는 것이 발견되었다. 따라서, 이 캡슐화된 전기영동 매체는 체류 시간에 민감하며, 화이트 상태의 L*는 체류 시간에 따라 약 3 유닛씩 변화한다.

<313> 본 발명의 보상 전압 방법의 효과를 보여주기 위하여, 각각의 구동 펄스의 말단에서 시작하는 지수 감쇠 전압으로 구성된 보상 전압이 각각의 펄스에 부가된다는 점을 제외하고 그 실험이 반복되었다. 인가된 전압은 구동 전압과 보상 전압의 합이었다. 도 22 에 도시된 바와 같이, 보상 전압을 갖는 경우에서의 다양한 체류

시간들에 대한 화이트 상태는 보상되지 않은 펄스들에 대한 경우 보다 균일하였다. 따라서, 이 실험은, 본 발명에 따른 그러한 보상 펄스들의 사용이 캡슐화된 전기영동 매체의 체류 시간 민감도를 상당히 감소시킬 수 있다는 것을 증명하였다.

<314> 본 발명의 보상 전압 방법은 전술한 기본 검색 테이블 방법의 임의의 선택적인 특성들을 이용할 수 있다.

<315> 전술한 설명으로부터, 본 발명은 전기 광학 디스플레이의 동작을 제어하는 방법을 제공하며, 이것은 쌍안정 입자-기반 전기영동 디스플레이들이나 유사한 디스플레이들에 잘 적용된다는 것을 알 수 있다.

<316> 전술한 설명으로부터, 본 발명은 전기 광학 디스플레이의 동작을 제어하는 방법을 제공하며, 이것은 자주 그것의 극단적인 상태들의 하나로 그 전체 디스플레이를 불편하게 플래시 할 것을 필요로 하지 않고 그레이 스케일의 정확한 제어를 허락한다는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명은 그것의 온도와 동작 시간의 변화들에도 불구하고 디스플레이의 정확한 제어를 허락하며, 반면에 디스플레이의 전력소모는 낮춘다. 그 제어기는 상업적으로 이용가능한 구성요소들로 구성될 수 있으므로, 이들 장점은 저비용으로 달성가능하다.

<317> **DTD 적분 감소 방법**

<318> 전술한 바와 같이, 적어도 일정한 경우에, 쌍안정 전기 광학 디스플레이에서 주어진 천이를 위해 필요한 임펄스는 그것의 광학 상태에 있는 화소의 거주 (residence) 시간에 따라 변화됨이 발견되었고, 보고서에서 이전에 설명된 것으로 보이지 않는 이 현상은 이후 "체류 시간 의존" 또는 "DTD"라 칭한다. 따라서, 그것의 초기 광학 상태에 있는 화소의 거주 시간의 함수로서 주어진 천이에 대하여 인가된 펄스를 변화시키는 것은 바람직하며 일정한 경우에 있어서는 실제상 필요하다.

<319> 체류 시간 의존 현상은 첨부된 도면의 도 23 을 참조하여 이하 상세히 설명할 것이며, 화소의 반사율이 $R_3 \rightarrow R_2 \rightarrow R_1$으로 표시되는 천이들의 시퀀스에 대한 시간의 함수임을 보여주며, 여기서 각각의 R_k 텀은 그레일 레벨들의 시퀀스 내의 그레이 레벨을 나타내며, 큰 인덱스 값의 R은 작은 인덱스 값의 R보다 전에 발생한다. R_3 와 R_2 사이의 천이와 R_2 와 R_1 사이의 천이도 나타내었다. DTD는 체류 시간이라 칭해지는 광학 상태 R_2에서 소요된 시간의 변화에 의해 야기된 최종 광학 상태 R_1의 변화이다. 본 발명의 DTD 적분 감소 방법은 쌍안정 전기 광학 디스플레이들을 구동할 때 지속 시간 의존을 감소시키기 위한 방법을 제공한다.

<320> 본 발명은 어떤 이론에 의해서도 제한되지 않으나, DTD는 많은 부분에서 전기 광학 매체에 의해 경험되는 잔여 전기장에 의해 야기되는 것으로 나타난다. 이들 잔여 전기장들은 그 매체에 인가된 구동 펄스들의 나머지이다. 인가된 펄스들로부터 초래된 잔여 전압들을 언급하는 것은 일반적이며, 잔여 전압은 정전기 이론에 적절한 일반적인 방식으로 잔여 전기장에 대응하는 스칼라 전위이다. 이들 잔여 전압들은 디스플레이 필름의 광학 상태를 시간에 따라 드리프트하도록 야기할 수 있다. 또한, 잔여 전압들은 후속 구동 전압의 효율을 변화시키고 따라서 그 후속 펄스 이후에 달성된 최종 광학 상태를 변화시킨다. 이런 식으로, 하나의 천이 파형으로부터의 잔여 전압은, 2개의 천이들이 서로 매우 분리되어 있다면, 후속 파형 이후의 최종 상태를 그것이 있을 것으로 예상되는 것과 상이해지도록 야기할 수 있다. "매우 분리"는, 시간상 충분히 분리되어 있어서, 제 1 천이 파형으로부터의 잔여 전압이 제 2 천이 파형이 인가되기 전에 실질적으로 감소됨을 의미한다.

<321> 천이 파형으로부터 초래된 잔여 전압들과 전기 광학 매체에 인가된 다른 단순한 펄스들의 측정은 잔여 전압이 시간에 따라 감소함을 나타낸다. 잔여 전압의 감소는 단조롭게 (monotonic) 나타나지만, 단순히 지수적이지 않다. 그러나, 제 1 근사치로서, 잔여 전압의 감소는 감소 시간 상수에 대하여 지수적으로 근사화될 수 있으며, 1초 단위의 테스트된 대부분의 캡슐화된 전기영동 매체 및 다른 쌍안정 전기 광학 매체의 경우는 유사한 감소 시간을 디스플레이할 것으로 기대된다.

<322> 따라서, 본 발명의 DTD 적분 감소 방법은 화소에 파형 V(t)을 인가하는 단계를 포함하는 하나 이상의 화소를 갖는 쌍안정 전기 광학 디스플레이의 구동 방법을 제공하여,

<323> $$J = \int_0^T V(t)M(T-t)dt \quad (1)$$ 가,

<324> (여기서, T는 파형의 길이이며, 적분은 파형의 지속시간에 걸쳐 계산되며, V(t)는 시간 t의 함수로서 파형 전압이고, M(t)는 시간 0에서 짧은 펄스로부터 상승하는 체류 시간 의존을 유도하는 잔여 전압의 효과의 감소를 특징으로 하는 메모리 함수이며) 약 1V sec 보다 작게 되도록 한다. 바람직하게는 J는 약 0.5V sec 보다

작고, 가장 바람직하게는 약 0.1V sec 보다 작다. 실제로, J는 가능한 작게 구성되어야 하며, 이상적으로는 0이다.

<325> 파형들은 복합 (compound) 펄스들을 생성함으로써, 매우 작은 J 값을 제공하고 따라서 매우 작은 DTD 를 제공하도록 디자인될 수 있다. 예를 들어, (동일한 크기의 전압 진폭을 갖지만 반대의 부호를 갖는) 짧은 포지티브 펄스를 앞서는 긴 네거티브 전압은 매우 감소된 DTD를 초래할 수 있다. 2개의 펄스들은 정반대 부호를 갖는 잔여 전압들을 제공하는 것으로 알려진다 (다만 본 발명은 이러한 사실에 제한되는 것은 아님). 2개의 펄스들의 길이들의 비율이 정확히 설정되면, 2개의 펄스로부터의 잔여 전압은 서로 크게 상쇠 (cancel) 하도록 야기될 수 있다. 2개의 펄스들의 길이의 적당한 비율은 잔여 전압에 대한 메모리 함수에 의해 결정될 수 있다.

<326> 본 발명의 바람직한 실시예에서 J는 다음과 같이 계산된다:

<327>
$$J = \int_0^T V(t)\exp\left(-\frac{T-t}{\tau}\right)dt \qquad (2)$$

<328> 여기서 τ는 실험적으로 결정된 감쇠 (완화) 시간이다.

<329> 캡슐화된 전기영동 매체에 대하여, 또한, 작은 J 값의 증가를 가져오는 파형은 특히 낮은 DTD 값의 증가를 가져오며, 특히 큰 J값을 갖는 파형은 큰 DTD 증가를 가져온다는 사실이 실험적으로 발견되었다. 실제로, 우수한 상관이 τ를 1초로 설정하여 상기 식 (2) 에 의해 계산된 J값들 사이에서 발견되며, 인가된 전압 펄스 이후의 잔여 전압의 측정된 감쇠 시간과 거의 동일하다.

<330> 따라서, 하나의 그레이 레벨로부터 다른 그레이 레벨로의 각각의 천이 (또는 검색 테이블에서의 적어도 대부분의 천이들) 이 작은 J값을 제공하는 파형에 의해 달성되는 파형들을 갖는 전술한 특허와 출원에서 설명된 방법을 적용하는 것이 유리하다. 이 J 값은 바람직하게는 0이나, 전술한 특허 및 출원의 적어도 캡슐화된 전기영동 매체에 대하여는 실온에서 J값이 약 1v sec보다 작으면 결과 체류 시간 의존은 매우 작은 것으로 실험적으로 발견되었다.

<331> 따라서, 본 발명은 일 세트의 광학 상태들 사이에서의 천이들을 달성하기 위한 파형을 제공하며, 모든 천이에 대하여 J의 계산 값은 작은 크기이다. 아마도, J는 단조롭게 감소되는 메모리 함수에 의해 계산된다. 이 메모리함수는 임의적인 것은 아니나, 단순한 전압 펄스 또는 복합 전압 펄스들에 대한 디스플레이 필름의 체류 시간 의존을 관찰함으로써 제거될 수 있다. 예로서, 제 1 광학 상태에서 제 2 광학 상태로의 천이를 달성하기 위하여 전압 펄스를 디스플레이 필름에 적용할 수 있고, 체류 시간을 대기하고, 그 후에 제 2 전압 펄스로부터 제 3 전압 펄스로의 천이를 달성하기 위하여 제 2 전압 펄스를 인가할 수 있다. 체류 시간의 함수로서 제 3 광학 상태 내의 시프트를 모니터링함으로써, 메모리 함수의 대략의 형태를 결정할 수 있다. 메모리 함수는 체류 시간의 함수로서, 긴 체류 시간에 대한 그것의 값으로부터 제 3 광학 상태에서의 차이와 대략 유사한 형태를 가진다. 그 후에, 메모리 함수는 이 형태가 제공되며, 그 독립 변수가 0일 때, 단일한 진폭을 가질 것이다. 이 방법은 메모리 함수의 근사치만을 제공하며, 다양한 최종 광학 상태들에 대하여, 메모리 함수의 측정된 형태는 다소 변화할 것으로 기대된다. 그러나, 메모리 함수의 감쇠의 특징적인 시간과 같은 전체 특징들은 다양한 광학 상태들에 대하여 유사하여야 한다. 그러나, 최종 광학 상태와 형상에 있어서 매우 큰 차이가 있다면, 채용할 최상의 메모리 함수 형상은 제 3 광학 상태가 디스플레이 매체의 광학 범위의 중간의 1/3에 있는 때 획득되는 것이다. 메모리 함수의 전체 특성은 인가된 전압 펄스 이후에 잔여 전압의 감쇠를 측정함으로써 평가될 수도 있어야 한다.

<332> 메모리 함수를 평가하기 위하여 여기에서 설명된 방법들이 정확하지 않을지라도, 심지어는 근사한 (appoximate) 메모리로부터 계산된 J값이 낮은 DTD값을 갖는 파형에 대하여 우수한 가이드임이 발견되었다. 유용한 메모리 함수는 전술한 DTD의 시간 의존의 전체 특성을 나타낸다. 예를 들어, 1 초의 감쇠 시간을 갖는 지수적인 메모리 함수는 낮은 DTD를 제공하는 파형의 예상에서 잘 작동함이 발견되었다. 감쇠 시간을 0.7 또는 1.3초로 변화시키는 것은 낮은 DTD 파형들의 예보자 (predictor) 로서 결과적인 J 값의 효율성을 파괴하지 않는다.
그러나, 감쇠하지 않지만 무한정 균일하게 유지되는 메모리 함수는 예보자로서 덜 유용하며, 0.05초와 같은 매우 짧은 감쇠 시간을 갖는 메모리 함수는 낮은 DTD 파형의 좋은 예보자가 아니다.

<333> 작은 J 값을 제공하는 파형의 예는 전술된 도 19 및 20 에서 도시된 파형이며, 여기서 x, y, z 펄스들은 모두 메모리 함수의 특징적인 감쇠 시간보다 더 작은 지속시간이다. 이 파형은 이 조건이 만족되는 경우 잘 기능

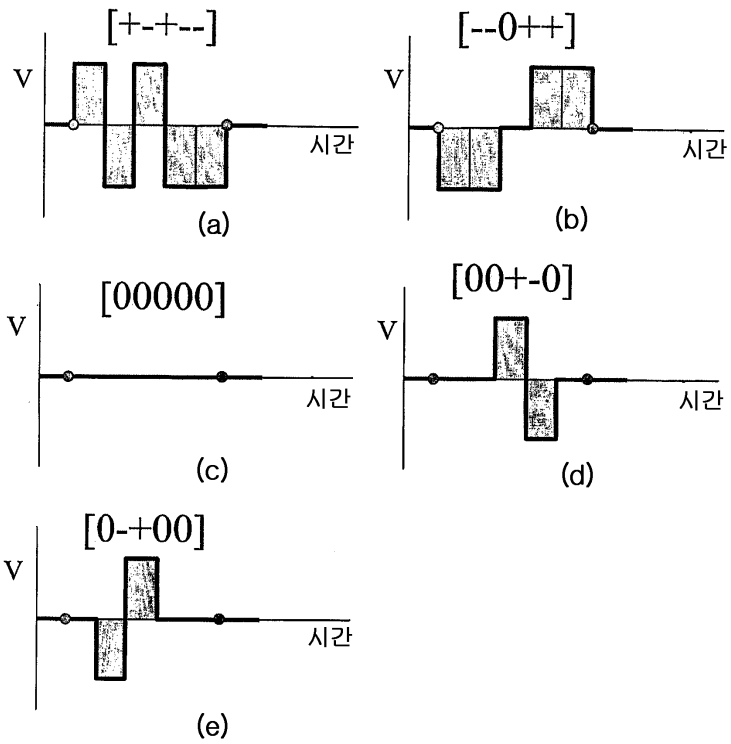
하는데, 이는 이 파형이, 잔여 전압들이 대략 상쇄되는 경향이 있는 연속적인 반대의 펄스 엘리먼트들로 구성되기 때문이다. 메모리 함수의 특징적 감쇠 시간보다 더 작지 않지만, 이 감쇠 시간보다 더 크지 않은 x 및 y 값들에 대하여, x 및 y 가 정반대의 부호인 파형은 낮은 J 값을 제공하는 경향이 있고, x 및 y 펄스 지속시간들은 매우 작은 J 값을 허용하는 것으로 발견될 수 있는데, 이는 파형이 인가된 이후에 서로 상쇄하거나 또는 적어도 크게 서로 상쇄하는 잔여 전압들을 다양한 펄스 엘리먼트들이 제공하기 때문이다.

<334> 주어진 파형의 J 값은 제로 전압의 기간을 그 파형에 삽입하거나, 그 파형에 이미 제공된 제로 전압의 임의의 기간의 길이를 조절함으로써 조정될 수 있다. 따라서, 0에 가까운 J 값을 유지하면서 파형의 다양한 변형이 이용될 수 있다.

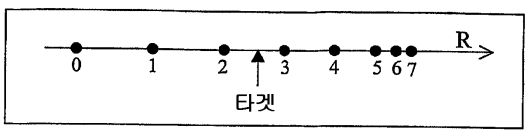
<335> 본 발명의 DTD 적분 감소 방법은 일반적인 적응성을 갖는다. 파형 구조는 파라미터들, 이들 파라미터들의 다양한 값들에 대해 계산된 그 J값, 및 J 값을 최소화하여 파형의 DTD를 감소시키기 위해 선택된 적절한 파라미터 값들에 의해 표시되는 것으로 생각될 수 있다.

도면

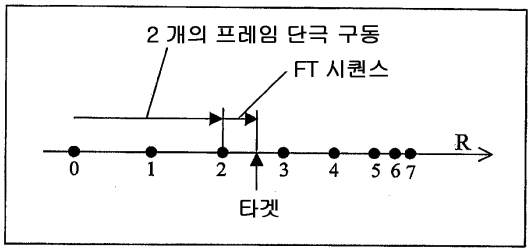
도면1



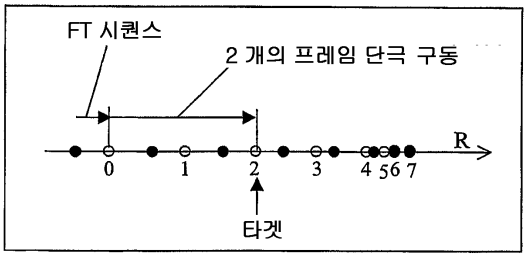
도면2



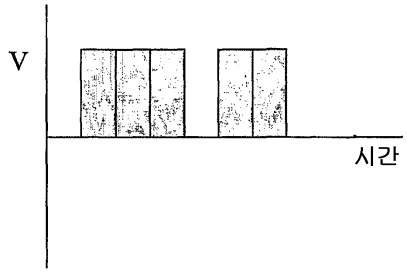
도면3



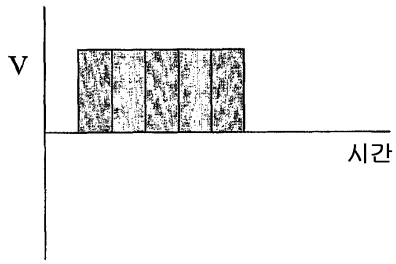
도면4



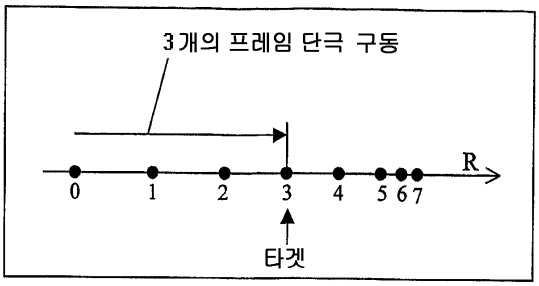
도면5



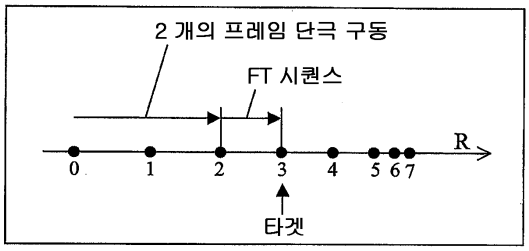
도면6



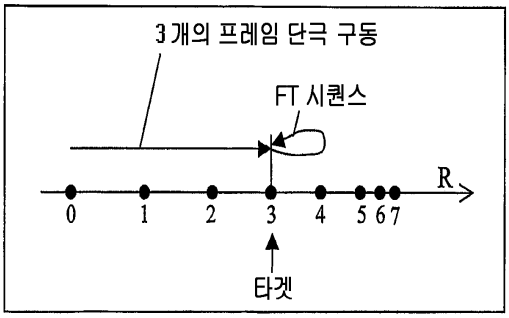
도면7


3개의 프레임 단극 구동
R
0
1
2
3
4
5 6 7
타겟

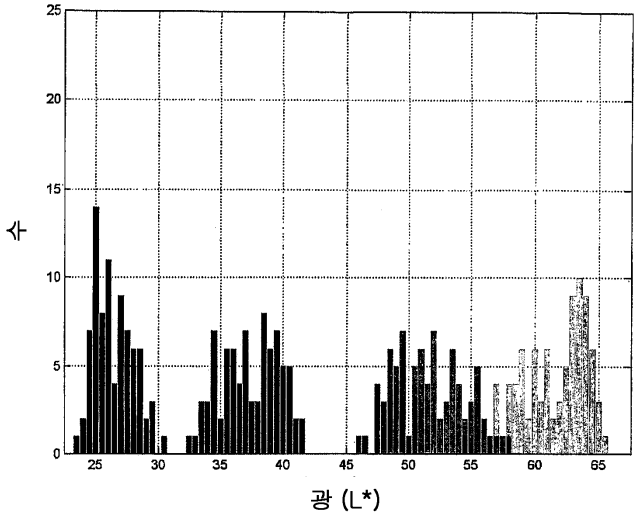
도면8


2 개의 프레임 단극 구동
FT 시퀀스
R
0
1
2
3
4
5 6 7
타겟

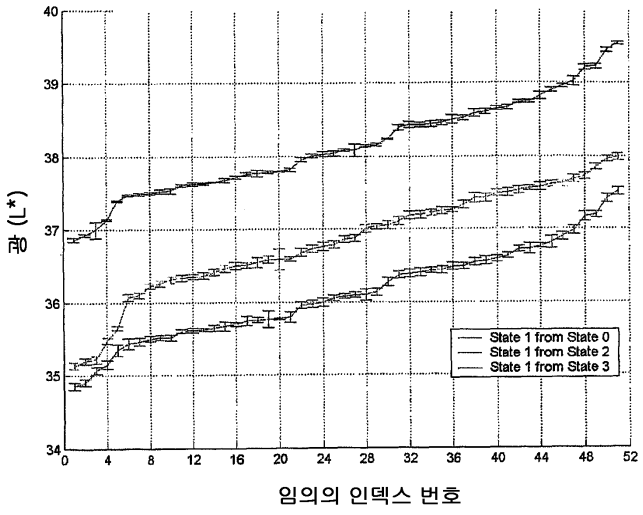
도면9


3개의 프레임 단극 구동
FT 시퀀스
R
0
1
2
3
4
5 6 7
타겟

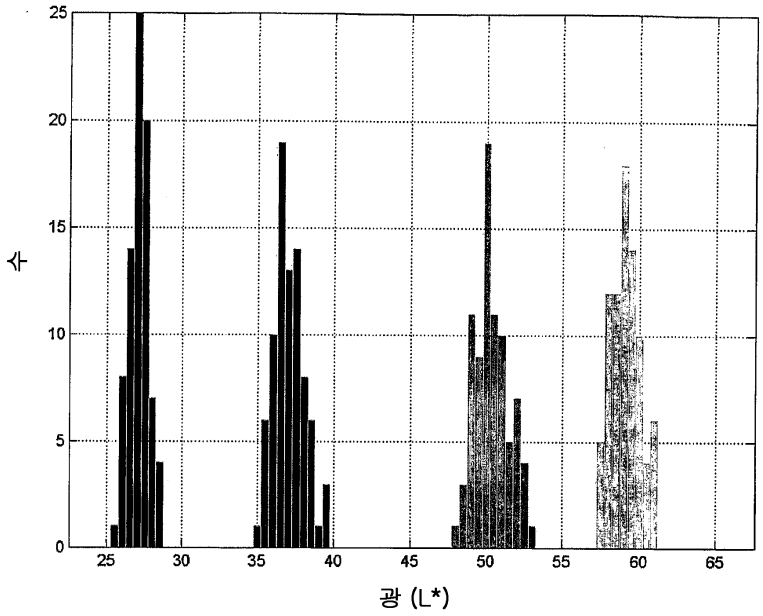
도면10


25
20
15
10
5
0
수
25
30
35
40
45
50
55
60
65
광 (L*)

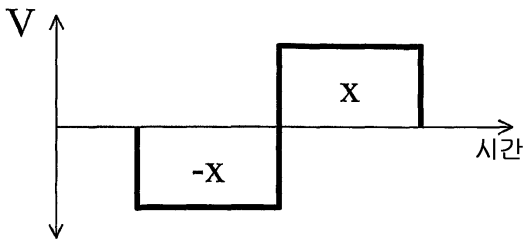
도면11


40
39
38
37
36
35
34
광 (L*)
0
4
8
12
16
20
24
28
32
36
40
44
48
52
임의의 인덱스 번호
State 1 from State 0
State 1 from State 2
State 1 from State 3

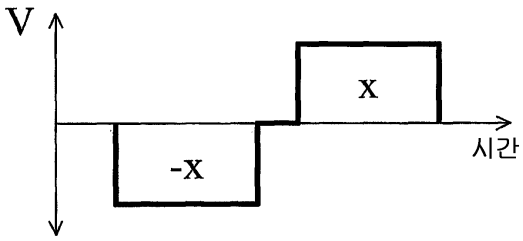
도면12



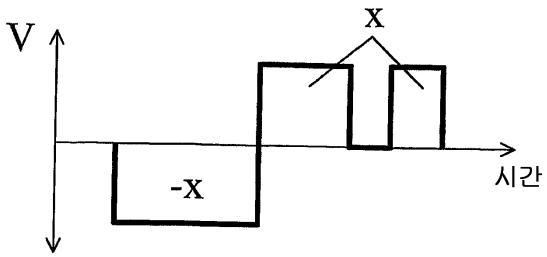
도면13



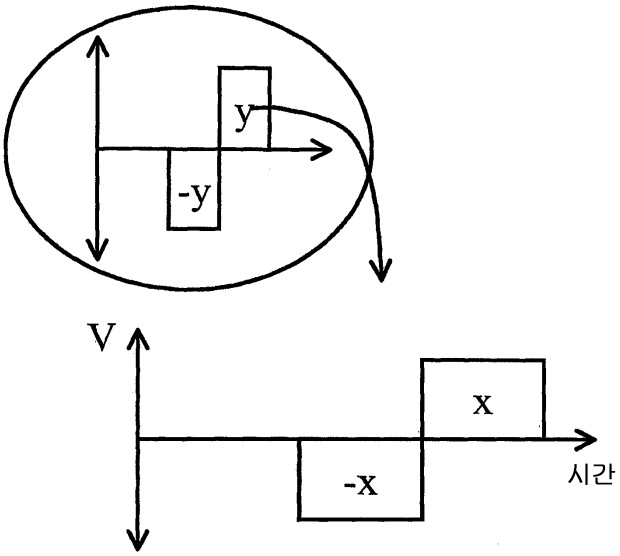
도면14



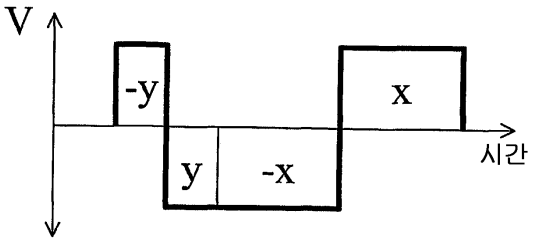
도면15



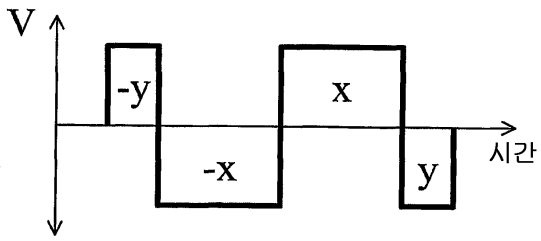
도면16



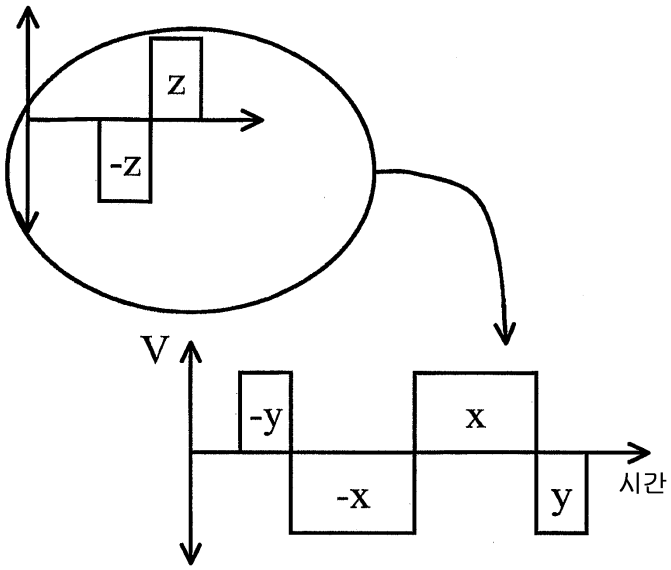
도면17



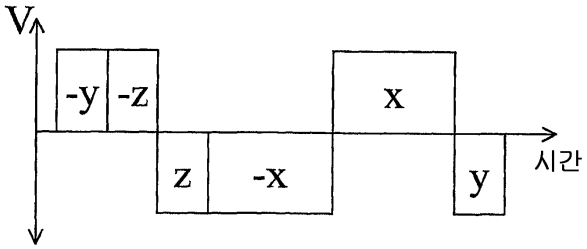
도면18



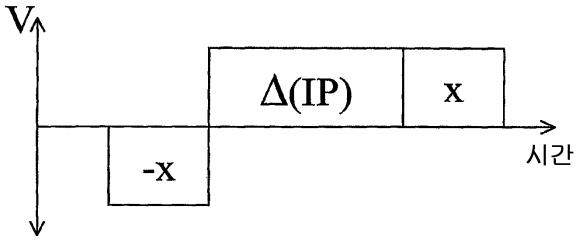
도면19



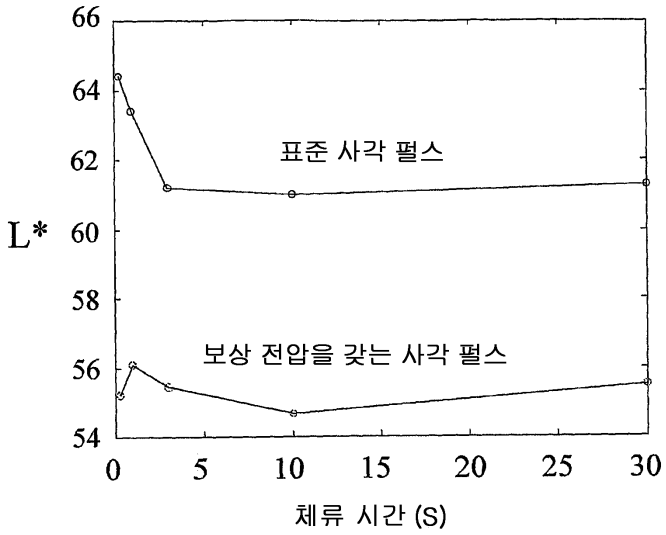
도면20



도면21



도면22



도면23

