



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월30일
 (11) 등록번호 10-1893459
 (24) 등록일자 2018년08월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B05D 3/06 (2006.01) *B01J 19/08* (2015.01)
B05D 3/00 (2006.01) *G21K 5/00* (2006.01)
 - (21) 출원번호 10-2012-7025860
 - (22) 출원일자(국제) 2011년04월08일
 심사청구일자 2015년12월16일
 - (85) 번역문제출일자 2012년10월02일
 - (65) 공개번호 10-2013-0040803
 - (43) 공개일자 2013년04월24일
 - (86) 국제출원번호 PCT/US2011/031663
 - (87) 국제공개번호 WO 2011/127335
 국제공개일자 2011년10월13일
 - (30) 우선권주장
 61/321,910 2010년04월08일 미국(US)
 - (56) 선행기술조사문헌
 JP2009277759 A
 US03732011 A1
 W02009131490 A2
 US20100007285 A1*
- *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
엔씨씨 나노, 엘엘씨
 미국 텍사스주 78728 오스틴 파커 드라이브 400 스위트 1110
- (72) 발명자
슈로더, 컬트, 에이.
 미국 78615 텍사스 커플랜드 플루거 버크맨 레인 13501
맥클, 스티븐, 씨.
 미국 78728 텍사스 오스틴 도리아 드라이브 14971
잭슨, 더글라스, 케이.
 미국 78665 텍사스 오스틴 요기 베라 웨이 3400
- (74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 8 항

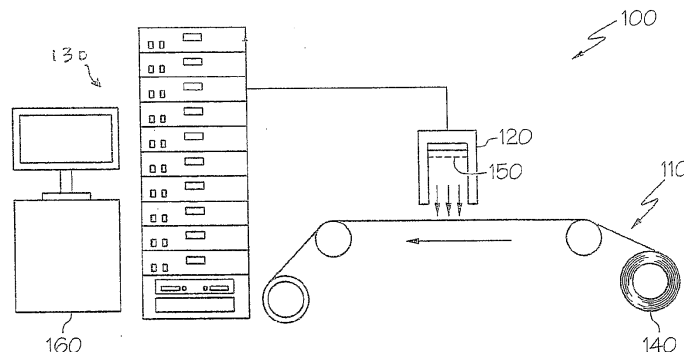
심사관 : 김민정

(54) 발명의 명칭 **이동 기관 상에 일시적인 열적 프로파일 프로세싱을 제공하기 위한 장치**

(57) 요약

플래시 램프로부터의 펄스형 광을 사용하여 저온 기관 상에 물질을 열적으로 프로세싱하기 위한 방법 및 장치가 개시된다. 물질은 플래시 램프를 지나 운반된다. 광의 펄스들은 펄스 폭 변조에 의하여 형성되어, 손상 없이 기관의 최대 가공 온도 너머로 물질이 가열되는 것을 가능하게 하는 기관의 열적 그래디언트를 생성하도록 펄스들의 형상을 주문제작한다. 그것의 성형된 펄스 레이트는 운송 시스템의 운송 속도에 대해 동기화된다. 피드백 센서로부터의 정보를 사용함으로써, 열적 그래디언트는 경화 장치의 전력을 낮추지 않고 실시간으로 후속 경화들을 최적화시키기 위해 실시간으로 펄스들의 형상을 변경하도록 재계산된다. 조합된 펄스 성형 및 동기화는 온도 프로파일이 운송 방향으로 균일하게 경화되는 샘플에서 주문제작되도록 허용한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치로서,

상기 기관 상에 장착되는 상기 박막을 이동시키기 위한 운송 시스템;

상기 박막을 경화시키기 위한 특정 열적 프로파일을 설계하기 위해 사용자가 상기 박막의 원하는 프로세싱 레벨 및 박막 스택 특성을 입력하는 것을 허용하기 위한 데이터 프로세싱 시스템;

상기 특정 열적 프로파일에 따라 펄스들의 펄스 폭들을 변조시키기 위한 플래시램프 제어기; 및

상기 박막이 상기 플래시램프에 대해 이동되는 동안 상기 박막에 펄스 폭 변조된 전자기 펄스들을 제공하기 위한 플래시램프

를 포함하고,

상기 플래시램프 제어기는,

컴퓨터;

입의 파형 발생기; 및

상기 컴퓨터에 트리거 신호들을 제공하기 위한 인코더 - 상기 컴퓨터는 상기 운송 시스템 상에 위치한 상기 박막을 경화시키기 위해 다양한 형상 및 타이밍의 파형을 생성하도록 상기 입의 파형 발생기에 제어 신호들을 전송함 - 를 포함하는,

이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 펄스 폭 변조된 전자기 펄스들은 성형된(shaped) 펄스를 형성하기 위하여 적어도 2개의 마이크로펄스들을 포함하는, 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기관은 450 °C 미만의 분해 온도를 갖는, 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기관은 플라스틱으로 만들어지는, 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 기관은 종이로 만들어지는, 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기관은 폴리머로 만들어지는, 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치의 순간 전력은 5 MW보다 큰, 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 펄스 폭 변조된 전자기 펄스들의 타이밍은 상기 장치의 전력을 낮추지 않고 센서로부터의 입력에 응답하여 변화되는, 이동 기관 상에서 박막을 경화시키기 위한 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2010년 4월 8일자로 출원된 가출원 번호 제61/321,910호에 대해 35 U.S.C. § 119(e)(1) 하에서 우선권을 청구하며, 그 내용은 본 명세서에 참조로서 통합된다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 기관들 상에 박막들을 경화시키기 위한 장치, 특히, 이동 기관 상에 박막들에 대한 일시적인 열적 프로파일 프로세싱을 제공하기 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 박막들의 열적 프로세싱은 기관들의 특성들에 의하여 종종 제한된다. 기관들의 비용은 최종 제품의 전체 비용의 상당 부분일 수 있기 때문에, 비싸지 않은 기관들이 일반적으로 선호된다. 비싸지 않은 기관들, 예컨대 폴리머 또는 셀룰로즈는 유리 또는 세라믹과 같은 더 비싼 기관들보다 더 낮은 최대 가공 온도(working temperature)를 갖는 경향이 있다. 따라서, 저온 기관 상에 박막을 열적으로 프로세싱할 때, 전체 기관 스택(stack)은 통상적으로 프로세싱 시간을 최소화시키기 위해 기관의 최대 가공 온도로 가열된다.

[0004] 몇몇 박막 물질들은 저온 기관들과 호환되지 않는 더 높은 레벨의 열적 프로세싱을 요구한다. 해결책들로는 증가된 프로세싱 시간 또는 증가된 온도의 형태가 있을 수 있다. 전자의 해결책은 수율을 감소시킴으로써 비용을 증가시키고, 여전히 다수의 타입들의 박막들에 대해 부적합할 수 있다. 후자의 해결책은 일반적으로 더 높은 프로세싱 온도들을 견딜 수 있는 더 비싼 기관들의 사용을 요구한다. 따라서, 2개 해결책들 모두 경제적 관점에서 바람직하지 않다.

발명의 내용

[0005] 특정 특성들이 특정한 애플리케이션들에 대해 요구되지 않을 수 있기 때문에, 저온 기관들을 사용하는 것이 현실적이지 않은 경우, 물질을 빠르게 프로세싱하는 것은 여전히 바람직하다. 예를 들어, 열적 스트레스들로 인하여 물질들에 손상을 입히는 것을 방지하기 위해 고속 프로세싱 동안 일시적인 열적 프로파일을 제어할 필요가 있다. 그 결과, 그들을 손상시키지 않고 상대적으로 고속으로 박막 스택들을 열적으로 프로세싱하기 위한 장치를 제공하는 것이 바람직할 것이다.

[0006] 본 발명의 바람직한 실시예에 따라, 열적 프로세싱 장치는 컴퓨터 제어 시스템, 운송 시스템, 플래시램프 제어기 및 플래시램프를 포함한다. 컴퓨터 제어 시스템은 사용자가 특정한 박막 스택을 경화시키기 위해 특정 열적 프로파일을 주문 설계하도록 허용하기 위한 시뮬레이션 프로그램을 포함한다. 전력 공급부 및 플래시램프 드라이버를 포함하는 플래시램프 제어기는 박막 스택의 특정 열적 프로파일을 달성하기 위하여 펄스들의 폭들을 변조시킨다. 플래시램프 제어기는 플래시램프에 대해 운송 시스템에 의하여 박막이 이동되는 동안 박막을 경화시키기 위하여 펄스-폭 변조된 광을 전송한다. 하나 또는 그 초과와 센서들로부터의 입력들은 컴퓨터 제어 시스템에 의하여 수신되고, 제어 컴퓨터 시스템에 원하는 열적 프로세싱 프로파일을 전송하기 위해 열적 시뮬레이터에 의해 프로세싱된다.

[0007] 본 발명의 모든 특징들 및 장점들은 하기의 상세히 기록된 설명에서 명백해질 것이다.

[0008] 바람직한 사용 모드, 추가적 목적들, 및 그 장점들 뿐 아니라, 발명 그 자체는 첨부 도면들과 함께 관독될 때

예증적 실시예에 대한 하기의 상세한 설명을 참조하여 가장 잘 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 열적 프로세싱 장치의 도면이다.
- 도 2는 도 1로부터의 열적 프로세싱 장치 내에 플래시램프 제어기의 블록도이다.
- 도 3-9는 다양한 시뮬레이션된 열적 프로파일들의 파형들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 펄스형(pulsed) 광으로 저온 기관 상에 박막을 일시적으로 프로세싱할 때, 기관으로의 열적 프로파일을 제어하는 것이 바람직하다. 일시적으로 가열될 때, 저온 기관이 빠르게 가열되고 빠르게 냉각된다면 손상 없이 저온 기관의 최대 가공 온도 훨씬 너머의 온도로 저온 기관 상의 박막을 가열하는 것이 가능하다. 이것은 거의 항상 더 비싼 고온 기관에 걸친 훨씬 낮은 최대 가공 온도를 갖는 기관을 선택하도록 허용한다. 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PTE: polyethylene terephthalate)는 예를 들어, 150 °C의 최대 가공 온도를 갖는다. 가열 시간이 매우 짧고 냉각 레이트가 매우 빠르다면, 박막은 PET의 표면 상에서 1,000 °C 너머로 가열될 수 있다. 가열 시간 및 냉각 레이트 양자 모두는 기관들 및 박막들의 물리적 특성들 및 치수들 뿐 아니라 경화 광 펄스의 형상에 의해 결정된다. 열적 프로세싱의 최적화는 일반적으로 열적 프로파일의 제어를 수반한다.
- [0011] 상업적 열적 프로세싱의 분야에서, "열적 프로파일의 제어"는 일반적으로 제 시간에(in time) 물질의 온도를 제어하는 것을 의미한다. 단순한 열적 프로파일은 온도가 지정된 양의 시간 동안 특정 레이트로 증가되는 램프-업 단계(phase)로 시작되고, "담금(soak)" 또는 일정한 온도 단계가 후속되며, 그리고 온도가 지정된 양의 시간 동안 특정 레이트로 감소되는 램프-다운 단계로 종료된다. 열적 프로파일을 램핑 업 및 다운하는 목적은 프로세싱되고 있는 물질의 열적 그라디언트(gradient)들을 방지하는 것이다.
- [0012] 물질들은 지속적 방식으로 또는 배치(batch)들에서 프로세싱될 수 있다. 배치 프로세싱에서, 물질들은 물질들의 온도가 물질들에 대한 온도 대 시간 프로파일을 달성하기 위해 시간에 따라 변화되는 오븐에 배치된다. 지속적 프로세싱에서, 다양한 구역들은 상이한 온도들에서 유지되고, 물질들은 물질들에 대한 온도 대 시간 프로파일을 달성하기 위하여 다양한 구역들을 통해 운반된다. 배치 및 지속적 프로세싱 양자 모두에서, 처리될 물질들은 일반적으로 열적으로 평형 상태이다. 이들 일반적 접근법들은 마이크로파, 라디오 주파수, 유도 가열, 복사 가열 등 뿐 아니라 열적 가열에 적용된다.
- [0013] 본 발명을 위해, "열적 프로파일"을 제어하는 것"은 시간에 있어 그리고 공간에 있어 박막 스택(예를 들어, 기관 상의 박막)의 온도를 제어하는 것을 의미한다. 본 명세서에 설명된 열적 프로세스는 기본적으로 배치 프로세스이지만, 실제로 상기 열적 프로세스가 컨베이어 상에 이동하는 웹(web) 또는 시트들과 같이 운반되고 있는 물질을 지속적으로 프로세싱함에 따라, 상기 열적 프로세스는 지속적이다.
- [0014] 본 발명을 위해, 열적 프로세싱 또는 경화는 건조(용매의 제거(drive off)), 입자 소결, 치밀화, 화학 반응 개시, 화학 반응 변조, 단계 변화, 입자 성장, 어닐링, 표면 기능화, 열 처리 등을 포함한다. 종이, 플라스틱 또는 폴리머와 같은 열적으로 취약한(thermally fragile) 기관 상에 물질을 열적으로 프로세싱할 때, 경화가 지속적 평형 프로세스들보다는 차라리 일시적이고 강렬한(intense) 경우에 더 나은 경화가 획득될 수 있는데, 이는 기관을 손상시키지 않고 물질에서 달성될 수 있는 온도가 훨씬 높기 때문이다. 종래의 열적 프로세싱과 대조적으로, 본 발명은 의도적으로 프로세싱 동안에 열적 평형을 방지한다.
- [0015] 이제 도면들을, 특히 도 1을 참고하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 경화 장치의 도면이 도시된다. 도시된 바와 같이, 경화 장치(100)는 운송 시스템(110), 플래시램프(150)를 갖는 플래시램프 헤드(120) 및 플래시램프 제어기(130)를 포함한다. 저 인덕턴스 케이블(125)은 플래시램프 제어기(130)와 플래시램프 헤드(120) 사이에 연결된다. 운송 시스템(110)은 박막 스택(140)을 플래시램프 헤드(120)을 지나도록 이동시키는 한편, 플래시램프 제어기(130)는 펄스 폭 변조(PWM)를 사용하여 플래시램프(150)에 전류의 성형된 펄스들을 제공하여, 성형된 펄스들이 운송 시스템(110) 상의 박막들의 운송 속도에 대해 동기화된다. 박막 스택(140)은 폴리머 또는 종이와 같은 저온 기관 상에 증착되는 박막을 포함한다. 바람직하게, 플래시램프(150)는 크세논, 크립톤 또는 아르곤과 같은 가스들로 충전되는 밀봉된 플래시 램프이다. 플래시램프(150)는 또한 때때로 지향된 플라즈마 아크(DPA: Directed Plasma Arc) 램프로서 지칭되는 수관벽 플래시램프일 수 있다.
- [0016] 플래시램프 제어기(130)는 제어 컴퓨터(160)를 포함한다. 바람직하게는 제어 컴퓨터(160)는 본 기술분야의 당

업자들에게 잘 알려지는 바와 같이, 프로세싱 유닛, 키보드, 마우스, 터치스크린 등과 같은 입력 디바이스들, 및 모니터와 같은 출력 디바이스들을 포함한다. 본 실시예를 위해, 제어 컴퓨터(160)는 3 GHz에서 구동하는 듀얼 코어 머신이며, 2 GB의 시스템 메모리를 갖는다.

[0017] 주어진 지속기간의 펄스 트레이ンを 펄스-폭 변조하기 위하여, 각각의 개별적인 펄스는 펄스 성형을 제공하기 위해 상대적으로 짧은 필요가 있다. 추가로, 펄스들은 단일 펄스를 제공하는 소스보다 더 강렬할 필요가 있는데, 이는 그것이 시간의 일부분 동안 턴온되지 않기 때문이다. 따라서, 경화 장치(100)는 100 kW/cm^2 를 초과하여 피크 전력을 갖는 10 마이크로초만큼 짧은 펄스 길이들을 제공할 수 있을 필요가 있다. 또한, 펄스들에 대한 PWM 주파수는 50 kHz만큼 빠를 수 있다.

[0018] 각각의 펄스는 성형된 펄스를 형성하는 적어도 2 마이크로펄스들을 포함한다. 이것은 박막 스택(140)에서의 온도 프로파일이 최적 경화를 위해 주문 제작되도록 허용한다. 그것의 가장 단순한 형태로, 균일한 마이크로펄스들을 포함하는 성형된 펄스는 6개의 변수들 또는 제어 파라미터들을 갖는다: i. 강도(전압), ii. 펄스 길이, iii. 박막 스택 상의 임의의 주어진 영역에서 기관들 상에 영향을 주는 펄스들의 평균 수, iv. 펄스 반복 빈도, v. 마이크로펄스들의 수, 및 vi. 마이크로펄스들의 듀티 사이클. 마이크로펄스들이 균일하지 않을 때, 각각의 마이크로펄스의 지속기간 및 지연이 또한 특정되어 8개의 제어 파라미터들을 초래한다. 플래시램프의 전력 전달 시스템의 8개의 변수들은 연속적으로 그리고 온-더-플라이(on-the-fly) 방식으로 변화될 수 있다. 이것은 경화 파라미터들이 경화 이전 또는 이후에 센서 데이터로부터의 응답에서 기관 또는 막에서의 변화에 실시간으로 적응하도록 허용한다. 이들 2개 품질들은 최적화되고 일관된 결과들을 갖는 경화된 막을 생성하며, 임의의 펄스 특징들을 변화시키기 위하여 시스템이 수 분 동안 출력이 낮춰지도록 요구하는 종래 기술보다 극적으로 더 높은 수율을 갖는다. 추가로, 펄스 특징들은 약 0.1% 해상도 내로 연속적으로 변화될 수 있으며, 이는 경화의 훨씬 타이트한 최적화 제어를 초래한다. 종래 기술은 이산 변화들을 갖는다. 제어 파라미터들은 최초에 하기에 설명되는 열적 시뮬레이션으로 입력되고, 이들 파라미터들은 후속하여 플래시램프 제어기(130)로의 입력으로서 사용된다.

[0019] 기관 및 박막의 물리적 특성들 및 치수들 뿐 아니라 플래시램프(150)로부터의 광 펄스들의 형상은 기관을 손상시키지 않으면서 박막이 프로세싱될 수 있는 후속 온도 및 열적 그래디언트에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 경화 장치(100)는 또한 경화 장치(100)의 상이한 부분들로부터 다양한 정보를 수집하기 위하여 다수의 센서들(미도시)을 포함한다. 사용자 입력들 및 센서들로부터의 제어된 정보는 열적 프로파일들이 재-계산될 수 있는 컴퓨터 제어 시스템(160)으로 다시 공급된다. 재-계산된 열적 프로파일들을 사용하여, 램프 제어기(130)는 박막 스택이 플래시램프(150) 아래에 운송됨에 따라 플래시램프(150)에 의하여 박막 스택으로 전달되는 광의 파형들을 제어한다.

[0020] 센서들은 프로세싱되는 물건 성능의 직접적 또는 간접적 표시자들을 측정하기 위하여 이용될 수 있다. 예를 들어, 홀 이펙트(Hall effect) 센서들은 경화된 금속성 트레이스들의 전도도를 모니터링하고 제어 밴드 내에 전도도를 유지하기 위하여 프로세스 파라미터들을 조정하는데 사용될 수 있다. 다수의 다른 타입의 콘택 또는 비-콘택 센서들이 플래시램프(150)의 출력 파형의 실시간 조정을 허용하기 위하여 지속적으로 또는 간헐적으로 물건 성능을 모니터링하기 위하여 이용될 수 있다.

[0021] 이제 도 2를 참고하여, 플래시램프 제어기(130)의 블록도가 도시된다. 도시된 바와 같이, 플래시램프 제어기(130)는 인코더(210), 임의 파형 발생기(220), 열적 시뮬레이터(225) 및 제어 컴퓨터(160)를 포함한다. 사용자는 박막 스택 특성들(240) 및 원하는 프로세싱 레벨(250)을 플래시램프 제어기(130)로 입력한다. 운송 시스템(110)(도 1로부터)으로부터 운송 속도 및 부가적인 시스템 제한들(270)과 같은 입력들을 수신한 이후에, 인코더(210)는 운송 시스템(110) 상에 위치되는 박막들을 경화하기 위한 적절한 시간들에 임의 파형 발생기(220)로 신호들을 전송하는 컴퓨터로 트리거 신호들을 제공한다. 트리거 신호들로, 임의 파형 발생기(220)는 사용자 입력들(240 및 250)에 기반하여 다양한 형상들 및 타이밍의 파형들을 생성할 수 있다. 임의 파형 발생기(220)는 (도 1로부터) 플래시램프(150)를 구동하기 위한 파형 신호들을 증폭시키는 파형 신호들을 플래시램프 드라이버(230)에 전송한다.

[0022] 박막 스택(140)의 열적 프로파일을 맞출 수 있는 것 외에도, 플래시램프 제어기(130)는 초저 인덕턴스 전력 전달 시스템에 의항 인에이블되는 PWM을 사용함으로써 다수의 센서들로부터 수신되는 정보에 기반하여 온-더-플라이 방식으로 그리고 지속적으로 경화 파라미터들을 변화시킬 수 있다. 시스템 제한 정보(270)뿐 아니라 다수의 센서들(260)로부터 피드백 정보를 수신한 이후에, 제어 컴퓨터(160)는 열적 시뮬레이터(225)로부터의 정보로 새로운 경화 조건들을 재계산하고, (도 1로부터) 플래시램프(150)를 구동시키기 위한 파형 신호들을 증폭시키는

플래시램프 드라이버(230)로 파형 신호들을 전송하는 임의 파형 발생기(220)로 새로운 경화 조건들을 전송한다.

- [0023] 피드백 정보는 경화 장치(100)의 펄스 에너지, 펄스 지속기간, 펄스 파형 등과 같은 파라미터들의 지속적이고 실시간의 조절 기능을 허용한다. 상기 언급된 파라미터들 전부는 0.1%의 해상도로 밀리초 시간프레임에 대한 소프트웨어 및/또는 하드웨어 제어 하에서 변경될 수 있다.
- [0024] 열적 프로세싱 애플리케이션들에서 신속한 임시적 및 미세-입자(fine-grain) 제어 모두가 중요하다. 전자는 기관이 분당 1,000 피트 이동한다면 (1 ms 응답 추정) 0.2 인치 내에 프로세스 파라미터들의 조절을 허용한다 (1,000 FPM = 16.7 FPS = 밀리초 당 0.167 피트 또는 밀리초 당 2 인치).
- [0025] 임의의 경화 동작 이전에, 사용자는 각각의 층의 두께, 열적 전도도, 밀도, 열 용량, 및 광학 흡수 깊이 뿐 아니라 층들의 수와 같은 박막 스택(140)의 다양한 파라미터들을 제어 컴퓨터(160) 내에 설치된 열적 스택 시뮬레이션 프로그램으로 입력할 수 있다. 박막 스택(140)의 열적 시뮬레이션으로 입력되는 펄스 제어 파라미터들은 플래시램프 제어기(130)로의 입력으로서 또한 사용된다. 박막 스택(140)은 지정된 두께들, 열적 계수들 및 흡수 계수들의 상이한 물질들의 임의의 수의 층들을 가질 수 있다. 몇몇 프린팅된 전자 디바이스들은 10개만큼 많은 층들을 가질 수 있으며, 층들 각각은 층들의 열적 제한들 내에서 프로세싱되어야 한다.
- [0026] 박막 스택(140)의 운송 속도에 진입한 이후, 각각의 성형된 펄스 사이의 시간 지연은 제어 컴퓨터(160) 내에 시뮬레이션 프로그램에 의하여 계산될 수 있다. 제어 컴퓨터(160) 내에 열적 스택 시뮬레이션 프로그램은 그 후 박막 스택(140)의 공간에서의 그리고 시간에서의 시뮬레이션된 열 프로파일을 생성한다.
- [0027] 시뮬레이션의 출력은 가열 이벤트 동안의 그리고 그 이후의 박막 스택(140)에서의 위치 및 온도 대 시간의 그래프이다. 박막 스택(140)의 각각의 층의 흡수 계수가 명시되기 때문에, 방사 흡수는 박막 스택(140) 내에 복잡한 열적 분산들을 일으키는 박막 스택(140)의 중앙을 포함하는 층들 중 하나 또는 그 초과에 의하여 공유될 수 있다.
- [0028] 시뮬레이션으로부터의 전력 입력 대 시간 파라미터들은 플래시램프 제어기(130)로의 입력들로서 사용될 수 있다. 플래시램프 제어기(130) 내의 플래시램프 드라이버(230)의 전력 공급 모듈은 그 후 플래시램프 드라이버(230)의 캐패시터들을 특정한 전압으로 충전한다. 몇몇 애플리케이션들에서, 이것은 일관된 프로세싱을 보장하기 위하여 밀리초 내에 발생해야 한다. 플래시램프 드라이버(230)는 박막 스택(140)에 조사(irradiate)하기 위하여 플래시램프 헤드(120)에 저-임피던스 케이블을 통해 전류를 전송하기 위해 각각의 모듈 내에 캐패시터 뱅크를 스위칭한다. 펄스 트레인 운송 시스템(110) 상의 박막 스택(140)의 운송 속도에 대해 동기화된다.
- [0029] 도 3은 일정한 전력의 1 ms 길이 펄스(전체 방사 노출: 1.49 J/cm²)가 PET 150 마이크론 두께의 시트 상에서 0.5 마이크론 두께 흡수체에 의하여 흡수될 때의 열적 프로파일을 도시한다. 흡수체의 표면에(그리고 흡수체가 너무 얇기 때문에 PET의 표면에) 도달되는 피크 온도는 약 1,000 °C이다. 1 mm 이후에, 표면에서의 열은 대량의 PET로 확산된다. 약 30 ms 이후에, 스택은 열적 평형 부근에 있다.
- [0030] 도 4는 도 3의 조건들과 동일한 조건들로 그러나 펄스 지속기간에 필적하는 시간스케일로 열적 프로파일을 도시한다. 가열 동안에, PET의 후면에서의 온도는 사실상 변화되지 않는 것으로 보여진다.
- [0031] 도 5는 도 4와 유사한 피크 온도 및 엔벨로프(envelope) 펄스 길이를 갖는 열적 프로파일을 도시하나, 10개의 동일하게 이격된 마이크로펄스들로 구성된다. 마이크로펄스들은 도 4의 단일 펄스보다 기관에 더 적은 손상을 야기한다.
- [0032] 도 6은 도 5의 열적 프로파일과 유사하지만 더 낮은 세기를 갖고 100 Hz에서 반복적으로 3번 펄스화되는, 열적 프로파일을 도시한다. 이것은 기관이 이동하지 않을 때의 시간상의 온도 프로파일이다. 기관이 이동할 때, 플래시램프 펄스 주파수는 운송 속도에 대해 동기화되고, 주파수는 다음과 같이 주어진다:

$$f = \frac{1.67 \times S \times O}{W}$$

[0033]

[0034] 여기서,

[0035] f = 플래시램프 성형된-펄스 레이트 [Hz]

- [0036] S = 웹 속도 [m/min]
- [0037] O = 중첩 인자 (즉, 임의의 주어진 포인트에 기관에 의하여 수신되는 플래시램프 펄스들의 평균 개수)
- [0038] W = 운송 방향으로의 경화 헤드 폭 [cm]
- [0039] 예를 들어, 운송 속도는 100 m/min이고, 중첩 인자는 4이고, 경화 헤드 폭은 7 cm이고, 스트로브(strobe)의 펄스 레이트는 95.4 Hz이다.
- [0040] 도 6에 도시되는 열적 프로파일은 경화 헤드의 폭이 기관이 펄스 동안에 이동하는 거리에 비교하여 크다면 이동 기관의 열적 프로파일과 거의 동일하다. 100 m/min에서, 기관은 펄스 동안 단 1.6 mm만을 이동한다. 기관 운송 방향에서의 경화 헤드 폭이 7 cm 또는 거의 50배 더 크기 때문에, 이것은 타당한 근사치이다.
- [0041] 예시 1: 150 마이크론 두께 PET 상의 박막의 신속한 건조
- [0042] 충분한 세기를 갖는 급속한 펄스형 가열 소스는 지속적 소스보다 훨씬 빠른 비-파괴적 방식으로 저온 기관 상에 박막을 건조시킬 수 있다. 도 4의 개별적 펄스들이 도 5의 다수의 펄스들로 쪼개질 때, 박막은 급속 가열 프로세스 동안에 브리드하루(breathe) 허용되어, 막을 매우 빠르게 건조시키면서 막의 응집 파괴(cohesive failure)를 방지한다. 본 발명의 문맥에서, "브리드"는 이벌브드(evolved) 가스들의 비-파괴적인 전달성 수송(non-destructive convective transport)을 위해 충분 시간을 허용하는 것을 의미한다. 성형된 펄스들은 도 6에서와 같이 이동 웹에 대해 동기화될 수 있다.
- [0043] 이것은 신속한 작은 펄스들의 지속적 트레인과 매우 상이한 효과를 가짐을 유념한다. 그 경우에, 표면은 본 발명에서 달성되는 피크 온도들에 도달하지 않는다. 그 결과, 이것은 더 낮은 프로세싱 레이트를 갖고, 대량의 기관이 본 발명을 통해 우선적으로 가열된다.
- [0044] 예시 2: 폴리머 기관의 표면에서의 온도 제어
- [0045] 도 7은 도 5에서와 동일한 열적 스택의 열적 프로파일을 도시한다. 달성되는 피크 온도 및 엔벨로프 펄스 길이는 2개 경우들에서 동일하다. 그러나, 도 7에서 램프-업 레이트는 훨씬 빠르고, 피크 온도는 펄스의 지속기간 동안 유지된다. 이것이 수행될 때, 12% 더 많은 에너지가 동일한 1 ms 간격 내에 박막으로 전달될 수 있다. 도전체를 형성하기 위하여 급속 잉크를 소결할 때, 이 작은 향상은 박막의 전도도의 배가로 변환될 수 있다. 이것은 성형된 펄스의 각각의 개별적 마이크로펄스의 지연 및 지속기간을 조정함으로써 수행된다. 박막의 표면은 여전히 단지 1,000 °C에 도달하기 때문에, 이 경화 프로파일은 취약한 기관에 손상을 입히지 않고 박막의 더 나은 경화를 초래한다.
- [0046] 도 8은 박막이 폴리이미드 기관의 표면 상에서 가열되는 더 복잡한 파형의 열적 프로파일을 도시한다. 파형은 별개의 램프-업, 소크, 완화, 및 1 ms 타임스케일로 복잡한 열적 프로파일을 형성하는 소크 단계들을 도시한다. 대개는, 폴리이미드는 450 °C 너머의 온도를 용인하여, 본 발명의 방법은 상기 언급된 온도 너머로 표면 상에서 프로세싱할 수 있다.
- [0047] 예 3: 가스 생성의 변조에 의한 박막의 응집 파괴의 방지
- [0048] 수성 구리 전구체 잉크는 에틸렌 글리콜 및 글리세롤을 포함하는 베이스에서 10.0% wt. 구리 (II) 산화물, 4.5% wt. 구리 (II) 아세테이트를 포함하여 공식화되었다. 트레이스들은 애플 스타일러스 C88 잉크젯 프린터를 사용하여 125 마이크론 두께의 PET 시트 위에 프린팅되었다. 플래시램프로 경화 시, 구리 산화물 및 구리 아세테이트는 도전성 구리 금속의 막을 형성하기 위하여 에틸렌 글리콜 및 글리세롤에 의하여 감소된다. 감소 반응은 적절한 양의 가스를 생성한다.
- [0049] 프린팅된 막은 다음의 조건들로 본 발명을 사용하여 경화되었다: 전압 250 V, 펄스 엔벨로프 지속기간 = 1,050 마이크로초, 0.6의 듀티 사이클을 갖는 4 마이크로펄스들(즉, 각각의 마이크로펄스들은 펄스들 사이에 117초의 지연으로 175 마이크로초 길이였음), 중첩 인자 = 3, 웹 속도 = 6.4 meters/min. 샘플 수율은 3.7 Ω/square의 평균 시트 저항으로 100% 였다.
- [0050] 동일한 트레이스가 동일한 장비로, 그러나 단지 단일 펄스만으로 경화되었을 때, 가스 에볼루션(evolution)은 단 64%의 샘플 수율을 초래하는 트레이스들의 응집 파괴를 야기하였다. 평균 시트 저항은 5.2 Ω/square였다. 입력 변수들 중 임의의 것의 변화는 더 적은 도전성 또는 더 열악한 수율 트레이스를 초래하였다.
- [0051] 예시 4: 유리 기관 내에 온도 프로파일 제어

- [0052] 박막이 플래시램프에 의하여 너무 강렬히 유리 상에서 가열될 때, 우리는 계면 근처에서 쪼개질 수 있다. 이것은 유리의 확장에 있어 차이를 야기하는 유리의 강렬한 열적 그래디언트로 인한 것이다. 유리 내의 스트레스가 유리의 수율 강도를 초과할 때, 이것은 실패한다. 열 펄스를 성형함으로써, 박막의 강렬한 경화는 유리 내에 임계 온도 그래디언트를 초과하지 않고 달성될 수 있다. 이 기법은 유리의 더 약한(그리고 더 썩) 형태들이 더 강한(그리고 더 비싼) 것들에 대체되도록 허용한다.
- [0053] 도 9는 쪼개짐을 방지하기 위하여 열적 그래디언트가 제어되는 봉규산업 유리 상에 반복적 펄스형 모드로 도 8의 복합 파형을 도시한다.
- [0054] 본 발명의 유용성은 실시간 피드백 시스템들의 부가에 의하여 크게 확장된다. 그러한 피드백은 종래 기술과 달리 이것이 펄스 에너지, 펄스 지속기간 및 심지어 펄스 파형의 지속이고 실시간의 조절기능을 허용하기 때문에, 본 발명으로 고유하게 실행가능하다. 이들 파라미터들 중 8개 전부는 통상적으로 0.1%의 해상도로 밀리초 시간 프레임에서 소프트웨어 및/또는 하드웨어 제어 하에서 변경될 수 있다. 이 시스템에서, 하나 또는 그 초과 센서들이 유입 또는 프로세싱되는 물건 또는 스트로브 출력 특징들을 모니터링하는데 사용되고, 변화들을 보상하기 위하여 프로세싱 파라미터들을 조정하거나, 물건 특징들을 최적화하거나, 또는 심지어 의도적으로 물건 특징들을 램핑하거나 변조시키기 위해 피드백 하드웨어 및 소프트웨어와 조합된다.
- [0055] 급속한 일시적 및 미세-입자 제어 모두는 심지어 고속 릴-투-릴(reel-to-reel) 시스템 상에서 어떤 물건도 낭비하지 않고 프로세스를 다시 제어 대역 내로 가져옴으로써, 상업적 애플리케이션들에서 중요하다. 이는 품질이 나쁜 물건을 잘라내고 폐기할 필요성을 추가로 없앤다.
- [0056] 고 해상도의 지속적 조절기능은 중요한데, 이는 경화 프로세스가 다수의 경우들에서 고도로 비-선형적인 것으로 증명되었기 때문이며, 상기 경우들에서 강도의 2% 변화는 물건 성능, 예를 들어 비저항의 10% 또는 그 초과 변화를 초래할 수 있다. 이는 성긴(coarse) 이산 파라미터 제어를 갖는 시스템들을 우수한 품질 제어를 요구하는 상업적 프로세싱에 대해 본질적으로 사용 불가능하게 한다.
- [0057] 몇몇 애플리케이션들에서, 동일한 펄스 트레인 길이를 유지하면서 신속한 펄스형 트레인의 전압 및 주파수를 조정함으로써 플래시램프(150)의 펄스들의 스펙트럼 콘텐츠를 조정하는 것이 바람직하다. 이는 성형된 펄스의 펄스 듀레이션 및 평균 전력을 여전히 유지하면서 스펙트럼의 uv 콘텐츠를 조정하는 효과를 갖는다. 플래시램프 시스템에 의하여 방출되는 스펙트럼은 추가로 조정가능한 액체 필터들과 같은 고전력 흡수체들을 사용하여 실시간으로 조정되거나 또는 파형 조정 광학기에서 반사 각도 제어될 수 있다.
- [0058] 임의 파형 발생기(220)의 피드백 제어를 달성하기 위하여 이용될 수 있는 센서들의 4개 카테고리들이 존재한다:
- [0059] 1. 물건 공간적 패턴들, 온도, 프린트 두께, 또는 건조의 정도와 같은 프로세싱되지 않은 물건의 의도한 또는 의도치 않은 변화를 검출하는 업스트림 센서들;
- [0060] 2. 트레이스 전도도 또는 기관 손상과 같은 프로세싱된 물건 성능에서의 드리프트를 검출하는 다운스트림 센서들;
- [0061] 3. 물건에 입력되는 시간-의존성 열을 정확하게 모델링하기 위하여 광 출력의 단기 변화 및 램프의 광 출력의 장기 변화를 검출하는 플래시램프 방출 센서들; 및
- [0062] 4. 제어 소프트웨어가 최적 구동 파형을 생성하는 램프 드라이버들의 능력에 대한 제한들에 적응하는 것을 가능하게 하는 램프 드라이버 상태 센서들 - 예를 들어, 전력 공급부의 충전 레이트는 높은 레이트 동작 동안에 이용가능한 펄스 에너지를 제한할 것이다.
- [0063] 이들 센서들의 타입들이 실제로 이용되는 방법의 예들이 다음에 주어진다. 기본적 피드백 애플리케이션은 수백만 펄스들에 걸쳐 플래시램프 출력의 불가피한 단계적이고 지속적인 저하를 보상하기 위하여 포토다이오드 센서에 응답하여, 자동적으로 시스템 출력 강도를 조정한다. 이것은 물건 품질을 향상시키고, 유효 플래시램프 수명을 연장시킨다. 이 동일한 방식은 윈도우들의 포깅(fogging)을 포함하는 스트로브 시스템에서의 임의의 정상적 변화들을 보상하도록 확장될 수 있다.
- [0064] 더욱 정교한 피드백 시스템은 인가된 잉크 또는 막의 코트-웨이트(coat-weight)를 모니터링하고, 프로세싱될 물건의 변화에 대해 최적화하기 위해 펄스 파라미터들을 조정하기 위해 물건 소프트 X-레이 송신을 사용한다. 이 동일한 접근법은 물건 특징들에서 대부분의 제어되지 않는 변화들을 보상하기 위하여 확장될 수 있다.
- [0065] 센서들은 프로세싱되는 물건 성능의 직접 또는 간접 표시자들을 측정하기 위하여 이용될 수 있다. 예를 들어,

홀 이펙트 센서들은 경화된 금속 트레이스들의 전도도를 모니터링하고, 제어 대역 내에 전도도를 유지하기 위해 구동 파형 파라미터들을 조정하기 위하여 사용될 수 있다. 다수의 다른 콘택 또는 비-콘택 센서들이 스트로브 출력 파형의 실시간 조정을 허용하기 위하여 물건 성능을 지속적으로 또는 간헐적으로 모니터링하기 위하여 이용될 수 있다.

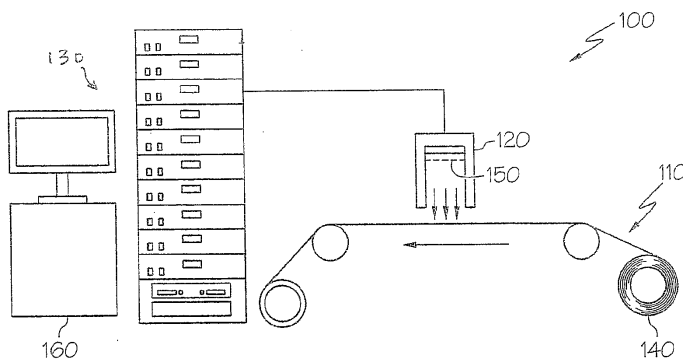
[0066] 이들 피드백 접근법들 중 임의의 것은 물건 운동의 방향을 가로지르는 방향으로 다수의 센서들을 사용할 수 있다. 이것은 다수의 플래시램프들을 갖는 또는 프로세싱 이전에 또는 이후에 물건 특징들이 측방으로 변화하는 시스템들에서 유용하다. 피드백 접근법들 중 임의의 것은 또한 예측 분석을 위한 데이터 또는 물건 건조 레이트에 대한 데이터를 획득하기 위하여 물건 운동의 방향을 따라 다수의 센서들을 사용할 수 있다.

[0067] 설명된 바와 같이, 본 발명은 이동 기관 상에 일시적인 열적 프로파일 프로세싱을 제공하기 위한 경화 장치를 제공한다. 본 발명의 경화 장치는 사용자들로부터의 입력들 및 센서들로부터 수신되는 피드백들에 기반하여 펄스형 광 파형의 형태의 실시간의 지속적 변수 제어를 가능하게 한다. 펄스형 광 파형들의 형상은 독단적인 작은 변화들과 함께 온-더-플라이 방식으로 변화될 수 있으며, 이는 박막 프로세싱이 실시간으로 제어되도록 허용한다.

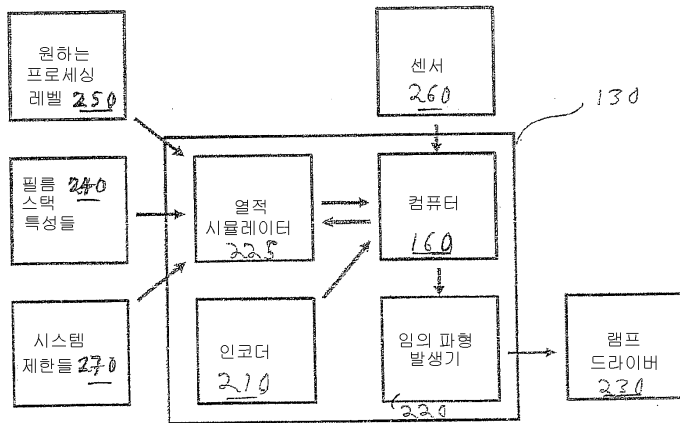
[0068] 발명이 바람직한 실시예를 참고하여 특정하게 도시되고 설명되었으나, 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않고 형태 및 세부사항에 대한 다양한 변화들이 이루어질 수 있다는 것이 본 기술분야의 당업자들에 의하여 이해될 것이다.

도면

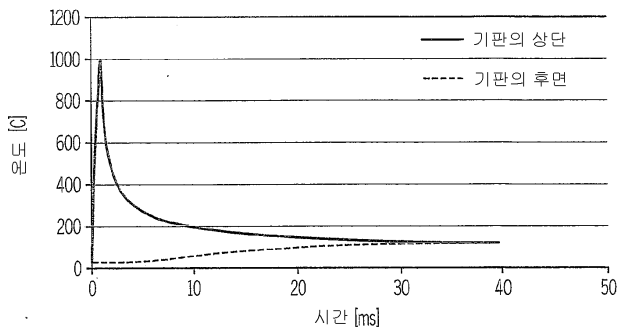
도면1



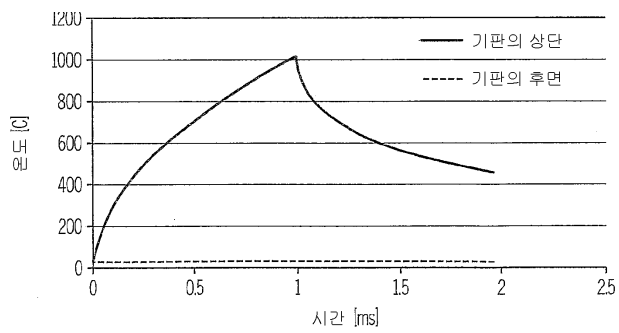
도면2



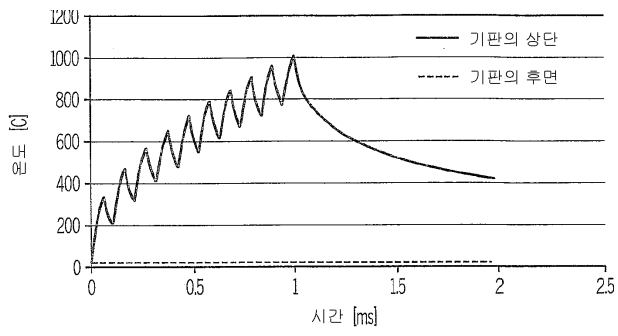
도면3



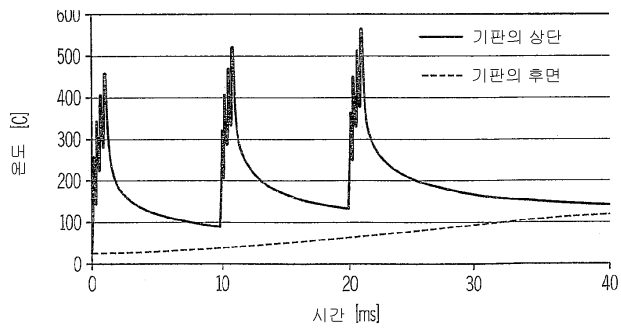
도면4



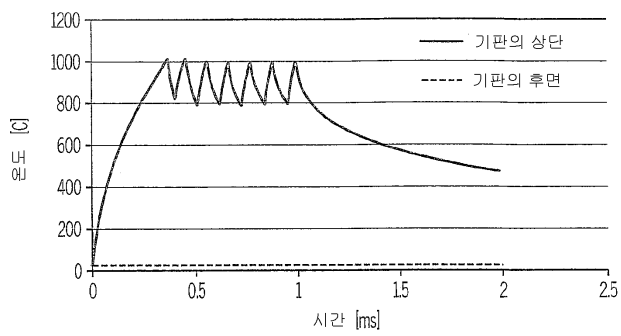
도면5



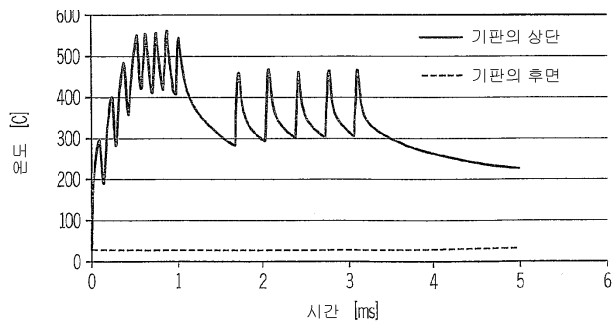
도면6



도면7



도면8



도면9

