



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년03월07일
(11) 등록번호 10-1019471
(24) 등록일자 2011년02월25일

(51) Int. Cl.

H01S 3/22 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2005-7001756

(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년07월30일

심사청구일자 2008년07월29일

(85) 번역문제출일자 2005년01월31일

(65) 공개번호 10-2005-0062519

(43) 공개일자 2005년06월23일

(86) 국제출원번호 PCT/US2003/024146

(87) 국제공개번호 WO 2004/012308

국제공개일자 2004년02월05일

(30) 우선권주장

10/210,761 2002년07월31일 미국(US)

(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌

US6314119 B1

US4410992 A

US5416391 A

전체 청구항 수 : 총 91 항

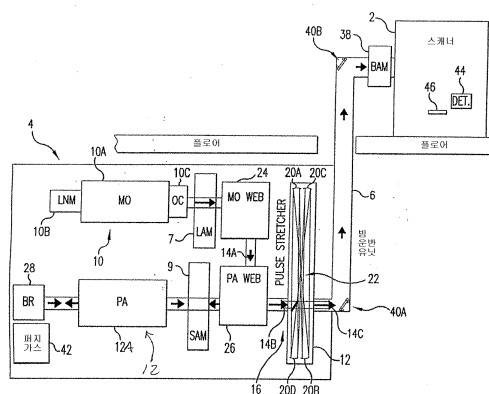
심사관 : 김건형

(54) 2 챔버 가스 방전 레이저를 위한 제어 시스템

(57) 요약

본 발명은 모듈러 고 반복율 2 방전 챔버 자외선을 위한 제어 시스템을 제공한다. 바람직한 실시예에서, 레이저는 제2 방전 챔버에서 증폭되는(12) 초 협대역 시드 빔을 산출하는 마스터 오실레이터(10)를 갖춘 제조 라인 머신이다. 2 챔버 가스 방전 레이저 시스템에 특별히 응용된 신규의 제어 특징은 (1) 나노초 타이밍 정밀도를 갖춘, 펄스 에너지 제어 (2) 고속 및 초고속 파장 튜닝을 갖춘 정밀한 펄스 투 펄스 파장 제어 (3) 고속 응답 가스 온도 제어 및 (4) 신규 인식 알고리즘을 갖춘 F_2 주입 제어를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

자끄 로버트 엔.

미국 캘리포니아 92129 샌디에고 서본 레인 7163

립콘 자콥 피.

미국 매사추세츠 01890 윈체스터 메인 스트리트 817

샌드스트롬 리차드 엘.

미국 캘리포니아 92024 엔시니타스 브리튼 테라스 410

파르틀로 윌리엄 엔.

미국 캘리포니아 92064 포웨이 페드리자 드라이브 12634

어쇼프 알렉산더 아이.

미국 캘리포니아 92127 샌디에고 메도우 플라워 플 레이스 11

이시하라 도시히코

미국 캘리포니아 92111 샌디에고 살리자르 스트리트 7447

마이스너 존

미국 캘리포니아 92128 샌디에고 트윈 폰드 테라스 11003

네스 리차드 엠.

미국 캘리포니아 92126 샌디에고 시트러스 뷰 코트 9248

멜처 폴 씨.

미국 캘리포니아 92020 엘카존 푸어테 팜스 로드 11381

(30) 우선권주장

10/384,967 2003년03월08일 미국(US)

60/454,029 2003년03월11일 미국(US)

특허청구의 범위

청구항 1

협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 산출하는 마스터 오실레이터부; 협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 수신하여 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스로 증폭하고, 오프 주기에 뒤이어, 온 주기 동안 펄스의 버스트에서, 초당 4000 이상의 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스 반복율로 동작시키기는 전력 증폭기부; 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 멀티-스테이지 전기 방전 자기 펄스 압축회로 및 전기 방전 펄스 프랙셔널 권선 승압 변압기를 통해, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지를 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에서의 각각의 가스 방전 전극에 걸리는 초고전압이고, 짧은 지속시간을 갖는 전기 방전 펄스로 변환시키는 전기 방전 펄스 전력 시스템을 갖는, 가스 방전 엑시머 레이저에서, 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에 걸친 전기 가스 방전 펄스의 인가 타이밍을 제어하기 위해 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지의 릴리즈 타이밍을 제어하기 위한 장치에 있어서,

초기의 최적 지연 명령어 값에 기초하여, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에 각각의 타이밍 제어 신호를 공급하고, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지의 릴리즈 타이밍을 결정하는 각각의 마스터 오실레이터 지연 명령어 유닛 및 전력 증폭기 지연 명령어 유닛;

출력 시드 레이저 광 펄스 및 증폭된 레이저 광 출력의 파라미터를 센싱하고, 각각의 파라미터의 값을 나타내는 각각의 출력을 공급하는 레이저 출력 펄스 센서;

각각의 마스터 오실레이터 적응성 이득 값 및 전력 증폭기 적응성 이득 값을 포함하는 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 적응성 이득 유닛; 및

각각의 지연 명령어를 발생시키기 위해 각각의 적응성 이득 값과 조합되도록 N-플러스 적분값을 제공하기 위해 각각의 출력 펄스 센서의 출력에 응답하는 디터링 회로를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 산출하는 마스터 오실레이터부; 협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 수신하여 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스로 증폭하고, 오프 주기에 뒤이어, 온 주기 동안 펄스의 버스트에서, 초당 4000 이상의 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스 반복율로 동작시키기는 전력 증폭기부; 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 멀티-스테이지 전기 방전 자기 펄스 압축회로 및 전기 방전 펄스 프랙셔널 권선 승압 변압기를 통해, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지를 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에서의 가스 방전 전극에 걸리는 초고전압이고, 짧은 지속시간을 갖는 전기 방전 펄스로 변환시키는 전기 방전 펄스 전력 시스템을 갖는, 가스 방전 엑시머 레이저에서, 광대역 증폭되고 스티플레이팅 방사선 형태로 된 소정량의 전력 증폭기 레이저 출력 광을 제어하기 위한 장치에 있어서,

마스터 오실레이터 및 전력 증폭기에서의 각각의 방전의 타이밍을 제어하고,

시간 정보를 가스 방전 타이밍 유닛에 제공하기 위한 클록;

오프 주기가 시작하는 경우 클록을 트리거링하는 클록 트리거링 매커니즘;

클록의 타임이 선택된 임계치를 초과한다는 지시를 제공하고 클록의 타임이 선택된 임계치를 초과하는 경우 타임 아웃 신호를 가스 방전 타이밍 유닛에 제공하는 가스 방전 타이밍 유닛내의 타임 카운터; 및

적어도 제1 방전 동안 전력 증폭기내에서 광대역 증폭된 스티플레이팅된 방사선의 임의의 발생을 방지하기 위해, 오프 주기의 종료 후 전력 증폭기 및 마스터 오실레이터의 적어도 제1 방전에 대해, 마스터 오실레이터의 방전의 충분히 이전에 또는 충분히 이후에 전력 증폭기내에 가스 방전을 개시시키는 가스 방전 타이밍 제어기를 포함하는,

가스 방전 타이밍 유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 임계치는 소정 시간 주기의 버스트간에 간격이 있는 경우 버스트에서의 적어도 제1 펄스에 대해 마스터 오실레이터에서의 방전의 충분히 이전에 또는 충분히 이후에 가스 방전 타이밍 제어기가 전

력 증폭기내의 방전을 개시시키도록 선택되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제2 항에 있어서, 상기 임계치는 각각의 버스트를 분리하는 시간과 무관하게, 버스트 본질적으로 모든 버스트에서의 적어도 제1 펄스에 대해 마스터 오실레이터에서의 방전의 충분히 이전에 또는 충분히 이후에 가스 방전 타이밍 제어기가 전력 증폭기내의 방전을 개시시키도록 선택되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 산출하는 마스터 오실레이터부; 협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 수신하여 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스로 증폭하고, 오프 주기에 뒤이어, 온 주기 동안 펄스의 버스트에서, 초당 4000 이상의 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스 반복율로 동작시키기는 전력 증폭기부; 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 멀티-스테이지 전기 방전 자기 펄스 압축회로 및 전기 방전 펄스 프랙셔널 권선 승압 변압기를 통해, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지를 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에서의 각각의 가스 방전 전극에 걸리는 초고전압이고, 짧은 지속시간을 갖는 전기 방전 펄스로 변환시키는 전기 방전 펄스 전력 시스템을 갖는 가스 방전 엑시머 레이저의 동작 방법에 있어서,

제1 제어층에서, 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기에서의 업커밍 가스 방전 펄스를 위해 결정된 각각의 명령된 충전 커패시터 전압에 기초하여 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기에서의 가스 방전의 타이밍을 정하는 단계;

제2 제어층에서, 전기 방전 펄스 전력 시스템에서의 온도 변화에 기초하여 온도 드리프트에 대한 보정을 적용하는 단계; 및

제3 제어층에서, 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기의 지연에서의 각각의 에러에 대한 보정을 적용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서, 제1 제어층에서, 예측 지연을 수립하기 위해 이미수립된 충전 전압 셋트 포인트에 지연 평가 함수를 이용하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제5 항에 있어서, 제1 제어층에서, 각각의 예측 지연을 수립하기 위해 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기의 각각에 대한 이미수립된 충전 전압 셋트 포인트에 지연 평가 함수를 이용하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제5 항에 있어서, 제1 제어층에서, 각각의 예측 지연을 수립하기 위해 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기의 각각에 대한 이미수립된 충전 전압 셋트 포인트에 지연 평가 함수를 이용하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제7 항에 있어서, 제2 제어층에서, 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기에 대한 실제 측정된 각각의 지연을 각각의 예측된 지연과 비교하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제8 항에 있어서, 제2 제어층에서, 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기에 대한 실제 측정된 각각의 지연을 각각의 예측된 지연과 비교하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제9 항에 있어서, 상기 실제의 각각의 측정된 지연을 비교하는 단계는 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기에 대한 각각의 실제 지연을 측정하는 단계, 실제 지연을 각각의 예측된 지연과 비교하는 단계, 및 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지의 릴리즈의 타이밍을 조정하기 위해 피드백 제어

에러 신호를 발생하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 산출하는 마스터 오실레이터부; 협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 수신하여 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스로 증폭하고, 오프 주기에 뒤이어, 온 주기 동안 펄스의 버스트에서, 초당 4000 이상의 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스 반복율로 동작시키기는 전력 증폭기부; 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 멀티-스테이지 전기 방전 자기 펄스 압축회로 및 전기 방전 펄스 프랙셔널 권선 승압 변압기를 통해, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지를 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에서의 각각의 가스 방전 전극에 걸리는 초고전압이고, 짧은 지속시간을 갖는 전기 방전 펄스로 변환시키는 전기 방전 펄스 전력 시스템을 갖는 가스 방전 엑시머 레이저의 동작 방법에 있어서,

제1 제어층에서, 각각의 시드 레이저 광 출력 펄스와 증폭된 레이저 광 출력 펄스의 타겟 에너지에서의 변화에 대해 전력 증폭기 충전 커패시터를 위한 그리고 마스터 오실레이터 충전 커패시터를 위한 각각의 충전 전압을 선택함에 의해 각각의 마스터 오실레이터 충전 커패시터 및 전력 증폭기 충전 제어중 하나에 저장된 에너지의 양을 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제12 항에 있어서, 제1 제어층에서, 각각의 충전 전압을 획득하기 위해 타겟 에너지를 dV/dE 만큼 스케일링하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제13 항에 있어서, 제2 제어층에서, 전력 증폭기 충전 커패시터를 위한 그리고 마스터 오실레이터 충전 커패시터를 위한 각각의 충전 전압에 충전 전압 보정을 제공하기 위해 버스트-바이-버스트 기준으로 반전 파형을 인가함에 의해 에너지 트랜지언트 및 오프셋트를 보상하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제14 항에 있어서, 제2 제어층에서, 리엔트리 슬러그 효과를 효과적으로 상쇄시키기 위해 충분한 지속시간의 반전 파형을 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제15 항에 있어서, 제3 제어층에서, 적분 제어 신호를 이용하여 펄스-투-펄스 에너지 변동을 보상하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제15 항에 있어서, 제3 제어층에서, 적분-적분 자승 제어 신호를 이용하여 펄스-투-펄스 에너지 변동을 보상하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제16 항에 있어서, 제3 제어층에서, 에너지 서보로부터 연결해제된 적응성 피드-포워드 제어 신호를 획득하기 위해 제어 신호로부터 에너지 서보 출력을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제17 항에 있어서, 제3 제어층에서, 에너지 서보로부터 연결해제된 적응성 피드-포워드 제어 신호를 획득하기 위해 제어 신호로부터 에너지 서보 출력을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제16 항에 있어서, 제3 제어층에서, 광대역 장애가 존재하는 경우 도우즈 에러를 최소화하도록 고이득을 이용하고 광대역 장애가 존재하지 않는 경우 저이득으로 스위칭하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 산출하는 마스터 오실레이터부; 협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 수신하여 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스로 증폭하고, 오프 주기에 뒤이어, 온 주기 동안 펄스의 버스트에서, 초당 4000 이상의 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스 반복율로 동작하시키는 전력 증폭기부; 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 멀티-스테이지 전기 방전 자기 펄스 압축회로 및 전기 방전 펄스 프랙셔널 권선 승압 변압기를 통해, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지를 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에서의 각각의 가스 방전 전극에 걸리는 초고전압이고, 짧은 지속시간을 갖는 전기 방전 펄스로 변환시키는 전기 방전 펄스 전력 시스템을 갖는 가스 방전 엑시머 레이저의 동작 방법에 있어서, 시드 레이저 출력 광 펄스의 파장을 측정하고 이 파장을 펄스-바이-펄스 기준으로 타겟 파장과 비교하는 단계; 파장이 측정된 펄스의 버스트에서의 펄스의 수를 판정하고 펄스-바이-펄스 기준으로 타겟 파장에 비교하는 단계;

스케줄링된 이득 출력 신호를 제공하기 위해 펄스의 버스트에서의 펄스의 수에 기초한 스케줄 이득 지수와 타겟 파장과 측정된 파장간의 차이를 이용하는 단계;

포화 적분기 서보 출력 신호를 제공하는 포화 적분기 서보에 입력을 제공하기 위해 스케줄링된 이득 출력 신호와 타겟 파장의 프리-드라이브 미분계수와 조합하는 단계;

적어도 하나의 스테퍼 모터 명령어 및 PZT 미러 구동 매커니즘 명령어를 포함하는 라인 내로우잉 모듈 광학 드라이브 명령어를 제공하기 위해 포화 적분기 서보 출력 신호와 진단 함수 발생기의 출력을 조합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 22

협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 산출하는 마스터 오실레이터부; 협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 수신하여 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스로 증폭하고, 오프 주기에 뒤이어, 온 주기 동안 펄스의 버스트에서, 초당 4000 이상의 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스 반복율로 동작하시키는 전력 증폭기부; 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 멀티-스테이지 전기 방전 자기 펄스 압축회로 및 전기 방전 펄스 프랙셔널 권선 승압 변압기를 통해, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지를 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에서의 각각의 가스 방전 전극에 걸리는 초고전압이고, 짧은 지속시간을 갖는 전기 방전 펄스로 변환시키는 전기 방전 펄스 전력 시스템을 갖는 가스 방전 엑시머 레이저의 동작 방법에 있어서,

마스터 오실레이터 및 전력 증폭기에서의 가스 방전 레이저 가스의 각각의 레이저 가스 온도를 측정하고 온도 에러 신호를 얻기위해 각각의 레이저 가스 온도를 각각의 온도 임계치 신호와 비교하는 단계;

이산적으로 전송된 온도 에러 신호를 제공하기 위해 이산 전달 함수를 온도 에러 신호에 적용하는 단계;

마스터 오실레이터에 대해 그리고 전력 증폭기에 대해 각각의 가스 방전 반복율을 측정하고 각각의 반복율 피드포워드 신호를 생성하고 각각의 반복율 피드포워드 신호를 이산-시간 적분기의 출력에 추가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 23

협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 산출하는 마스터 오실레이터부; 협대역 시드 레이저 광 출력 펄스를 수신하여 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스로 증폭하고, 오프 주기에 뒤이어, 온 주기 동안 펄스의 버스트에서, 초당 4000 이상의 전력 증폭기 레이저 광 출력 펄스 반복율로 동작하시키는 전력 증폭기부; 각각의 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기 멀티-스테이지 전기 방전 자기 펄스 압축회로 및 전기 방전 펄스 프랙셔널 권선 승압 변압기를 통해, 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기 충전 커패시터에 저장된 에너지를 각각의 마스터 오실레이터와 전력 증폭기에서의 각각의 가스 방전 전극에 걸리는 초고전압이고, 짧은 지속시간을 갖는 전기 방전 펄스로 변환시키는 전기 방전 펄스 전력 시스템을 갖는 가스 방전 엑시머 레이저의 동작 방법에 있어서,

추정된, 활성 가스 소비가 타겟 활성 가스 소비를 초과하는 지를 판정하고 만일 초과한다면 활성 가스 주입을 수행하기 위해 활성 가스 소비율 추정치를 채용하는 단계로서,

활성 가스 소비에 대한 판정은 버스트 평균 충전 전압의 이동 평균을 이용하는 단계를 포함하고 베이스라인 효율에 대한 효율 손실을 포함하고 동작 포인트 변경을 탐지하여 및 응답하는 것에 기초하는,

상기 단계;

다수의 버스트에 걸쳐 버스트 평균 충전 전압 변경을 모니터링하고 동작 포인트 변경에 기인하여 버스트 평균 충전 전압을 연산하는 단계; 및

판측된 충전 전압 변경에 기초하여 타겟 충전 전압을 조정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 24

3000Hz의 방전 반복율로 동작하고 시드 레이저 빔을 제2 증폭 챔버에 제공하는 제1 챔버를 갖고, 각각의 전기 펄스 에너지 소스내의 각각의 초기 충전 커패시터가 충전 회로로부터 충전된 후, 그리고 제1 챔버를 위해 각각의 전기 펄스 에너지 소스에 연결된 제1 고체상태 스위치의 트리거링 후 그리고 제2 챔버를 위해 각각의 전기 펄스 에너지 소스에 연결된 제2 고체상태 스위치의 트리거링 후, 각각의 방전 전극의 쌍에 걸쳐 전기 에너지의 펄스를 수신하는 각각의 제1 챔버 및 제2 챔버를 갖춘, 2 챔버로 된 가스 방전 레이저 시스템을 위한 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템에 있어서,

제1 화이어 제어 입력 신호를 수신하고, 제1 화이어 제어 입력 신호에 응답하여, 충전 개시 신호를 충전 회로에 제공하고, 소정시간 후 화이어 제어 개시 신호를 타이밍 에너지 모듈에 제공하는 화이어 제어 명령 모듈;

제1 챔버의 출력에 대한 광 출력 이벤트를 판정하는 제1 광 출력 탐지 매커니즘 및 제2 챔버의 출력에 대한 광 출력 이벤트를 판정하는 제2 광 출력 탐지 매커니즘으로서, 제1 및 제2 광 출력 탐지 매커니즘의 각각은 광 출력 이벤트의 각각의 발생을 나타내는 신호를 타이밍 에너지 모듈에 제공하는, 상기 제1 광 출력 탐지 매커니즘 및 제2 광 출력 탐지 매커니즘;

제1 챔버와 제2 챔버의 각각의 광 출력 이벤트의 발생을 화이어 제어 개시 신호에 상관시키고 제1 챔버를 위한 그리고 제2 챔버를 위한 각각의 광 출력 시간을 화이어 제어 명령 모듈에 제공하며, 각각의 광 출력 시간은 화이어 제어 개시 신호에 상관되어진, 타이밍 에너지 모듈내의 상관 매커니즘; 및

화이어 제어 명령 모듈에 연결되고 제1 챔버 및 제2 챔버의 각각에 대해 상관된 광 출력 시간의 각각을 감독하도록, 그리고, 각각의 상관된 광 출력 시간에 응답하여, 각각의 제1 챔버 및 제2 챔버 내에서의 다음 방전을 위한 각각의 제1 시간 지연 신호 및 제2 시간 지연 신호를 발생하도록 동작하는 제1 제어 프로세서를 포함하고,

상기 화이어 제어 명령 모듈은 또한 제1 챔버를 위한 트리거 신호를 제공하기 위해 화이어 제어 개시 신호에 추가되어야 할 제1 시간 지연 신호를 타이밍 에너지 모듈에 제공하고 제2 챔버를 위한 트리거 신호를 제공하기 위해 화이어 제어 개시 신호에 추가되어야 할 제2 시간 지연 신호를 타이밍 에너지 모듈에 제공하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 25

제24 항에 있어서,

제1 챔버 및 제2 챔버를 위한 각각의 상관된 광 출력 시간은 타이밍 에너지 모듈에 의해 일 나노초 미만의 정확도로 화이어 제어 프로세서에 제공되는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 26

제24 항에 있어서,

상관 매커니즘은 타이머이고;

타이밍 에너지 모듈은 화이어 제어 명령 모듈로부터의 화이어 제어 개시 신호의 수신에 응답하여 타이머의 작동을 시작시키는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 27

제25 항에 있어서,

상관 매커니즘은 타이머이고;

타이밍 에너지 모듈은 화이어 제어 명령 모듈로부터의 화이어 제어 개시 신호의 수신에 응답하여 타이머의 작동을 시작시키는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 28

제24 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강도를 초과하는 광의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 29

제25 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강도를 초과하는 광의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 30

제26 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강도를 초과하는 광의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 31

제27 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강도를 초과하는 광의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 32

제24 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 소정 임계치 강도를 초과하는 각각의 전기 펄스 에너지 소스내에서의 전압의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 33

제25 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 소정 임계치 강도를 초과하는 각각의 전기 펄스 에너지 소스내에서의 전압의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 34

제26 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 소정 임계치 강도를 초과하는 각각의 전기 펄스 에너지 소스내에서의 전압의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 35

제27 항에 있어서,

광 출력 이벤트 탐지 매커니즘은 소정 임계치 강도를 초과하는 각각의 전기 펄스 에너지 소스내에서의 전압의 발생을 판정하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 36

제32 항에 있어서,

전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 가스

방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 37

제33 항에 있어서,

전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 38

제34 항에 있어서, 전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 39

제35 항에 있어서,

전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 40

제26 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 41

제27 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 42

제28 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 43

제29 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 44

제30 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 45

제31 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 46

제32 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 47

제33 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 48

제34 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 49

제35 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 50

제36 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 51

제37 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 52

제38 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 53

제39 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 54

제50 항에 있어서,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로;

오실레이터 회로로부터의 출력 펄스에 의해 충전된 선형 아날로그 용량성 소자; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 55

제51 항에 있어서,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로;

오실레이터 회로로부터의 출력 펄스에 의해 충전된 선형 아날로그 용량성 소자; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 56

제52 항에 있어서,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로;

오실레이터 회로로부터의 출력 펄스에 의해 충전된 선형 아날로그 용량성 소자; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 57

제53 항에 있어서,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로;

오실레이터 회로로부터의 출력 펄스에 의해 충전된 선형 아날로그 용량성 소자; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가스 방전 레이저 타이밍 제어 시스템.

청구항 58

3000Hz의 방전 반복율로 동작하고 시드 레이저 빔을 제2 증폭 챔버에 제공하는 제1 챔버를 갖고, 각각의 전기 펄스 에너지 소스내의 각각의 초기 충전 커패시터가 충전 회로로부터 충전된 후, 그리고 제1 챔버를 위해 각각의 전기 펄스 에너지 소스에 연결된 제1 고체상태 스위치의 트리거링 후 그리고 제2 챔버를 위해 각각의 전기 펄스 에너지 소스에 연결된 제2 고체상태 스위치의 트리거링 후, 각각의 방전 전극의 쌍에 걸쳐 전기 에너지의 펄스를 수신하는 각각의 제1 챔버 및 제2 챔버를 갖춘, 2 챔버로 된 가스 방전 레이저 시스템을 위한 타이밍 제어 방법에 있어서,

화이어 제어 명령 모듈을 이용하여, 제1 화이어 제어 입력 신호를 수신하고, 제1 화이어 제어 입력 신호에 응답하여, 충전 개시 신호를 충전 회로에 제공하고, 소정시간 후 화이어 제어 개시 신호를 타이밍 에너지 모듈에 제공하는 단계;

화이어 제어 명령 모듈을 이용하여, 또한 제1 챔버를 위한 트리거 신호를 제공하기 위해 화이어 제어 개시 신호에 추가되어야 할 제1 시간 지연 신호를 타이밍 에너지 모듈에 제공하고 제2 챔버를 위한 트리거 신호를 제공하기 위해 화이어 제어 개시 신호에 추가되어야 할 제2 시간 지연 신호를 제공하는 단계;

제1 챔버의 출력에 대한 제1 광 출력 이벤트 및 제2 챔버의 출력에 대한 제2 광 출력 이벤트를 판정하고, 제1 및 제2 광 출력 이벤트의 각각의 발생을 나타내는 출력 신호를 타이밍 에너지 모듈에 제공하는 단계;

타이밍 에너지 모듈내의 상관 매커니즘을 이용하여, 제1 챔버와 제2 챔버의 각각의 광 출력 이벤트의 발생을 화이어 제어 개시 신호에 상관시키고 제1 챔버를 위한 그리고 제2 챔버를 위한 각각의 광 출력 시간을 화이어 제

어 명령 모듈에 제공하는 단계로서, 각각의 광 출력 시간은 화이어 제어 개시 신호에 상관되어진, 상기 단계; 및

화이어 제어 명령 모듈에 연결된 제1 제어 프로세서에서, 제1 챔버 및 제2 챔버의 각각에 대해 상관된 광 출력 시간의 각각을 관측하고, 그리고, 각각의 상관된 광 출력 시간에 응답하여, 제1 챔버 및 제2 챔버 내에서의 다음 방전을 위한 각각의 제1 시간 지연 신호 및 제2 시간 지연 신호를 발생하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 59

제58 항에 있어서,

상기 화이어 제어 커맨드 모듈에 각각의 광 출력 시간을 제공하는 단계 이후에,

제1 챔버 및 제2 챔버를 위한 각각의 상관된 광 출력 시간을 타이밍 에너지 모듈에 의해 일 나노초 미만의 정 확도로 화이어 제어 프로세서에 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 60

제58 항에 있어서,

화이어 제어 명령 모듈로부터의 화이어 제어 개시 신호의 수신에 응답하여 타이밍 에너지 모듈내의 타이머의 작동을 시작시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 61

제59 항에 있어서,

화이어 제어 명령 모듈로부터의 화이어 제어 개시 신호의 수신에 응답하여 타이밍 에너지 모듈내의 타이머의 작동을 시작시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 62

제58 항에 있어서,

각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강도를 초과하는 광의 발생을 판정함에 의 해 광 출력 이벤트를 탐지하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 63

제59 항에 있어서,

상기 광 출력 이벤트를 판정하는 단계는 각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강 도를 초과하는 광의 발생을 측정함에 의한 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 64

제60 항에 있어서,

상기 광 출력 이벤트를 판정하는 단계는 각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강 도를 초과하는 광의 발생을 측정함에 의한 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 65

제61 항에 있어서,

상기 광 출력 이벤트를 판정하는 단계는 각각의 챔버내에서 또는 각각의 챔버의 출력 포트에서 소정 임계치 강 도를 초과하는 광의 발생을 측정함에 의한 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 66

제58 항에 있어서,

상기 광 출력 이벤트를 판정하는 단계는 소정의 임계값을 초과하는 상기 각각의 전기 펄스 에너지 소스의 전압

의 상기 각각의 챔버에서의 발생을 측정함에 의한 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 67

제59 항에 있어서,

상기 광 출력 이벤트를 판정하는 단계는 소정의 임계값을 초과하는 상기 각각의 전기 펄스 에너지 소스의 전압의 상기 각각의 챔버에서의 발생을 측정함에 의한 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 68

제60 항에 있어서,

상기 광 출력 이벤트를 판정하는 단계는 소정의 임계값을 초과하는 상기 각각의 전기 펄스 에너지 소스의 전압의 상기 각각의 챔버에서의 발생을 측정함에 의한 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 69

제61 항에 있어서,

상기 광 출력 이벤트를 판정하는 단계는 소정의 임계값을 초과하는 상기 각각의 전기 펄스 에너지 소스의 전압의 상기 각각의 챔버에서의 발생을 측정함에 의한 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 70

제66 항에 있어서,

전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 71

제67 항에 있어서,

전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 72

제68 항에 있어서, 전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 73

제69 항에 있어서,

전압은 제1 및 제2 챔버의 각각의 전극 쌍에 인가되는 각각의 피킹 커패시터 전압인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 74

제60 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 75

제61 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 76

제62 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 77

제63 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 78

제64 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 79

제65 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 80

제66 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 81

제67 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 82

제68 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 83

제69 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 84

제70 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 85

제71 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 86

제72 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 87

제73 항에 있어서,

각각의 제1 및 제2 시간 지연 신호는 각각의 트리거 신호가 발생되어지게 되는 시간에 타이머가 도달하는 각각의 카운트인 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 88

제84 항에 있어서,

상기 카운트는,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로를 이용하는 단계;

선형 아날로그 용량성 소자를 오실레이터 회로의 출력 펄스로 충전하는 단계 ; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 이용하는 단계;에 의해 제공되는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 89

제85 항에 있어서,

상기 카운트는,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로를 이용하는 단계;

선형 아날로그 용량성 소자를 오실레이터 회로의 출력 펄스로 충전하는 단계 ; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 이용하는 단계;에 의해 제공되는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 90

제86 항에 있어서,

상기 카운트는,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로를 이용하는 단계;

선형 아날로그 용량성 소자를 오실레이터 회로의 출력 펄스로 충전하는 단계 ; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 이용하는 단계;에 의해 제공되는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

청구항 91

제87 항에 있어서,

상기 카운트는,

수십 메가Hz의 클록 범위를 갖는 오실레이터 회로를 이용하는 단계;

선형 아날로그 용량성 소자를 오실레이터 회로의 출력 펄스로 충전하는 단계 ; 및

용량성 소자에 동작적으로 연결되고 서브-나노초 시간 레졸루션 정확도로 되는 감도로 용량성 소자에 저장된 에너지에서의 전압 변동에 감응하는 전압 센싱 매커니즘을 이용하는 단계;에 의해 제공되는 것을 특징으로 하는 타이밍 제어 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 집적회로제조를 위한 리소그래피 광원에 관한 것으로 특히 집적회로제조를 위한 가스방전 레이저 리소그래피 광원에 관한 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기 방전 가스 레이저

[0003] 전기 방전 가스 레이저는 공지되어 있고 1960년대에 레이저가 발명된 이후 줄곧 이용되어 왔다. 두 전극간의 고전압 방전은 가스형태 이득 매체를 산출하도록 레이저 가스를 여기시킨다. 레이저 가스는 레이저의 유형을 결정한다. 크립톤 및 플르오르는 KrF 레이저의 활성 가스이고; 아르곤 및 플르오르는 ArF 레이저의 활성 가스이고; 플르오르는 F₂ 레이저의 활성 가스이다. 이득 매체를 함유하는 공진 캐비티는 레이저 빔의 형태로 캐비티로부터 추출되는 광의 스티뮬레이트된 증폭을 허용한다. 이들 전기 방전 가스 레이저의 대부분은 펄스 모드로 동작된다.

[0004] 엑시머 레이저

[0005] 엑시머 레이저는 전기 방전 가스 레이저의 특정 유형이고 1970년대 중반 이후 알려져 왔다. 집적회로 리소그래피에 유용한 엑시머 레이저에 대한 설명은 발명의 명칭이 "컴팩트 엑시머 레이저"이고 1991년 6월 11일 특허 허여된 미국 특허 제 5,023,884호에 설명되어있다. 이 특허는 본원인의 고용자에게 양도되었고 본 명세서에 참조문헌으로 통합되어 있다. '884호에 설명된 엑시머 레이저는 고 반복율 펄스 레이저이다.

[0006] 엑시머 레이저는, 집적회로 리소그래피에 유용한 경우, 통상적으로 시간당 수천개의 귀중한 집적회로를 생산하는 "시계방향 구동" 집적회로 제조라인에서 동작하고, 따라서, 다운-타임은 매우 고비용이 들 수 있다. 따라서 대부분의 컴포넌트는 수분안에 대체될 수 있는 모듈들로 구성된다. 리소그래피에 사용되는 엑시머 레이저는 피코초의 수분의 일로 대역폭이 감소된 그 출력빔을 가져야만 한다. 이 "라인-협소화"는 레이저의 공진 캐비티의 후방을 형성하는 라인 협소화 모듈("라인 협소화 패키지" 또는 "LNP")에서 달성된다(라인 선택 유닛 "LSU"은 흔히 F₂ 레이저의 좁은 스펙트럼 대역을 선택하는 데에 사용된다). 이 LNP는 프리즘, 미러 및 회절격자를 포함하는 민감한 광학 요소들로 이루어 진다. '884호에 설명된 전기 방전 가스 레이저의 유형은 두 전극간에 전기 방전을 일으키는 전기 펄스 전력시스템을 이용한다. 이 종래 시스템에서, 직류 전력은 각각의 펄스에 대해 "충전 전압"으로 칭하는 소정의 제어 전압까지 "충전 커패시터" 또는 "C₀"로 칭하는 커패시터 뱅크에 전하를 공급한다. 이 충전 전압의 크기는 이들 종래 유닛에선 500 내지 1000 볼트의 범위이다. C₀가 소정 전압으로 충전된 후, 고체상태 스위치는 클로уз되어 C₀에 저장된 전기 에너지가 일련의 자기압축회로와 전압 변압기를 통하여 초고속으로 링될 수 있게하여 약 20 내지 50 ns 지속하는 방전을 일으키는 전극에 걸쳐 약 16,000 볼트(또는 그 이상)의 범위로 고전압전위를 산출할 수 있게 한다.

[0007] 리소그래피 광원에서의 주요한 발전

[0008] '884호에 설명된 엑시머 레이저는 1989년 내지 현재 동안, 집적회로 리소그래피를 위한 주 광원이 되어왔다.

이들 레이저의 1000개 이상이 대부분의 현대 집적회로 제조 공장에서 사용된다. 이들 레이저의 대부분은 '884 호에 설명된 기본 설계 특징을 갖는다.

[0009] 그것은:

[0010] (1) 초당 100 내지 4000 펄스의 펄스율로 전극에 걸쳐 전기 펄스를 공급하는 단일, 펄스 전력 시스템;

[0011] (2) 프리즘 빔 확대기, 조정 미러 및 회절격자로 이루어진 라인 협소화 유닛 및 부분 반사 미러형 출력 커플러로 구성된 단일 공진 캐비티;

[0012] (3) 펄스간의 방전 영역을 소거시키기에 충분한 고속으로 두 전극간에 레이저 가스를 순환시키는 탄젠셜 팬, 방전 영역에 의해 분리된 두 개의 신장된 전극, 및 레이저 가스(KrF 레이저를 위한 크립톤, 플루오르 또는 네온, 또는 ArF를 위한 아르곤, 플루오르 및 네온)를 함유하는 단일 방전 챔버; 및

[0013] (4) 펄스-펄스 기준에 의한 펄스 에너지, 에너지 도우즈 및 파장을 제어하는 피드백 제어 시스템으로 출력 펄스의 대역폭 및 파장 및 펄스 에너지를 모니터링하는 빔 모니터이다.

[0014] 1989-2001년 사이에, 이들 레이저의 출력 전력은 점진적으로 증대되어왔고 펄스 에너지 안정도, 파장 안정도 및 대역폭을 위한 빔 품질도 점점 엄격해져 왔다. 집적회로 제조에 널리 이용되는 리소그래피 레이저 모델을 위한 동작 파라미터는 8mJ의 펄스 에너지, 초당 2,500 펄스(최대 약 20와트의 평균 빔 파워를 제공), 약 0.5pm의 대역폭(FWHM) 및 +/-0.35%의 펄스 에너지 안정도를 포함한다.

[0015] 펄스 에너지 및 도우즈 에너지의 제어

[0016] 이들 가스 방전이 집적회로 제조를 위한 광원으로 사용되는데 사용되는 경우 "버스트 모드" 동작으로 알려진 동작으로 동작한다. 예로서, 레이저는 실리콘 웨이퍼상의 다이 스폿을 스캐닝하기 위해 약 8mJ의 펄스 에너지로 0.3초 동안 2,500Hz의 반복율로 동작한다. 이 레이저는 약 0.3초 동안 "오프"인 한편 스캐너는 다음 다이 스폿의 조명을 위해 스캐너 광학기구 및 웨이퍼를 위치조정한다. 이 루틴은 웨이퍼상의 모든 다이 스폿이(예를 들어 200 다이 스폿) 조명될 때 까지 계속한다. 그후 스캐너 장비는 스캐닝된 웨이퍼를 다른 웨이퍼로 대체한다. 따라서, 통상적인 레이저 동작 사이클은:

[0017] (1) 온 0.3초

[0018] (2) 오프 0.3초

[0019] (3) 단계(1) 및 (2) 200 회 반복

[0020] (4) 오프 10초

[0021] (5) 단계(1)-(4) 연속적으로 반복.

[0022] 이 유형의 동작은 유지보수 또는 기타 이벤트에 대한 짧은 다운시간으로 일주일 당 칠일 하루 24시간 연속 동작한다.

[0023] 각각의 다이 스폿이 소망하는 양의 레이저 조명을 수광하고 조명은 균등하게 인가된다. 그러므로 공통 실시는 타겟값(예, $8\text{mJ} \pm 0.5\text{mJ}$)의 수 초(통상적으로 약 6 퍼센트) 이내에 각각 및 모든 펄스의 펄스 에너지를 모니터 및 제어하는 것이다. 펄스간 에너지의 이러한 변동으로, 공통 실시는 일련의 펄스(30 펄스의 이동 윈도우와 같은)의 축적된 에너지(도우즈 에너지라 칭함)를 모니터링하는 것이다. 이들 제어 기술은 모든 펄스에 대한 펄스 에너지, 후속 펄스에 대한 제어 파라미터를 계산 위해 획득된 정보의 이용 및 펄스-펄스 기준에 의한 조정 방전 전압을 모니터링하여 펄스 에너지 및 도우즈가 소망 범위내에 유지되도록 하는 것이다.

[0024] 파장 및 대역폭의 모니터링 및 제어

[0025] 현대 집적회로 제조는 약 0.5 내지 0.25 미크론이하의 정확도로 정밀한 치수를 갖춘 회로의 인쇄를 필요로 한다. 이것은 스테퍼 머신의 투사 광학기구를 통해 리소그래피 광원으로부터 광의 정밀한 포커싱을 필요로 한다. 이러한 포커싱은 광원의 대역폭 및 중심파장의 제어를 필요로 한다. 그러므로 이들 레이저로부터의 레이저

빔의 대역폭 및 파장은 각각의 펄스에 대해 모니터링되고 이들은 소망 타겟 범위내에 있는 것이 보장된다. 통상적으로, 파장은 중심파장의 모니터링된 값에 기초하여 피드백 제어를 이용하여 제어된다. 이 피드백 신호는 레이저 광이 LNP의 회절 격자로부터 반사되는 방향을 변경시키기 위해 상기한 LNP의 피벗팅 미러를 위치지정하는 데에 사용된다. 중심파장은 펄스-펄스 기준으로 모니터링되고 파장은 펄스-펄스 기준에 근사 가능함에 따라 피드백 제어된다. 종래기술 리소그래피 레이저의 중심파장에 대한 응답시간은 수 밀리초이었다. 대역폭은 펄스-펄스 기준으로 모니터링된다. 대역폭은 F 농도 및 가스 압력에 의해 영향을 받을 수 있고; 따라서 이들 파라미터는 대역폭값이 소망 범위내에 유지되도록 보장된다. 종래 리소그래피 레이저는 대역폭에 대한 고속 응답 제어를 제공하지 못한다.

[0026] 주입 시딩

[0027] 가스 방전 레이저 시스템(엑시머 레이저 시스템을 포함하는)의 대역폭을 감소시키기 위한 공지된 기술은 이득 매체에 협대역 "시드" 빔의 주입을 포함한다. 이러한 시스템에서, "마스터 오실레이터"로 불리는 시드 빔을 산출하는 레이저는 제1 이득 매체에 초 협소화 빔을 제공하고, 이 빔이 제2 이득 매체에 시드 빔으로서 사용되도록 설계된다. 제2 이득 매체가 전력 증폭기로서 기능하는 경우, 시스템은 마스터 오실레이터, 전력 증폭기(MOPA) 시스템으로 참조된다. 제2 이득 매체가 공진 캐비티(레이저 발진이 일어나는)를 갖는 경우, 시스템은 주입 시딩된 오실레이터(ISO) 시스템 또는 마스터 오실레이터, 파워 오실레이터(MOPO) 시스템으로 참조되고 이 경우 시드 레이저는 마스터 오실레이터로 참조되고 다운스트림 시스템은 파워 오실레이터로 참조된다. 두 개별 시스템으로 구성된 레이저 시스템은 단일 챔버 레이저 시스템 보다 실질적으로 고가이고, 더욱 대형이고 복잡하게 되는 경향이 있다. 그러므로, 이들 두 챔버 시스템의 상업적 응용은 한정적으로 되어 왔다.

[0028] 요구되는 시스템은, 파장, 대역폭 및 펄스 에너지를 포함하는 모든 빔 품질 파라미터에 대한 정밀 제어를 허용하는, 초당 4,000 펄스 이상의 반복율로 동작하기 위한 펄스 가스 방전 레이저를 위한 양호한 레이저 설계이다.

발명의 상세한 설명

[0029] 발명의 요약

[0030] 본 발명은 모듈러 고반복율 두 개의 방전 자외선 가스 방전 레이저를 위한 제어 시스템을 제공한다. 바람직한 실시예에서, 레이저는 제2 방전 챔버에서 증폭되는 초협대역 시드 빔을 산출하는 마스터 오실레이터를 갖춘 산출 라인 머신이다.

[0031] 2-챔버 가스 방전 레이저 시스템에 특수하게 응용된 새로운 제어 특징은:

[0032] (1) 나노초 타이밍 정밀도에 의한, 펄스 에너지 제어, (2) 고속 및 초고속 파장 튜닝에 의한 정밀한 펄스-펄스 파장 제어, (3) 고속 응답 가스 온도 제어 및 (4) 새로운 인식 알고리즘에 의한 F₂ 주입 제어를 포함한다.

[0033] 버스트 모드 동작에서도 약 이십억 내지 오십억분의 일초의 범위의 정확도로 2 챔버에서 방전의 상대적 타이밍을 제어하기 위해 제공된다. 이 MOPA 시스템은 상당히 개선된 빔 품질을 갖춘 필적할 수 있는 단일 챔버 레이저 시스템을 거의 증배시킬 수 있는 펄스 에너지를 출력시킬 수 있다.

[0034] 바람직한 실시예에서 단일한 초고속 응답 공진 충전기는 마스터 오실레이터(MO) 및 전력 증폭기(PA)를 위한 개별 방전 커패시터를 병렬로(250 마이크로초 미만으로) 충전한다. 바람직하게 충전기는 전압 충전을 정밀하게 제어하기 위한 블리드 다운 회로 및 드-칭 회로를 포함한다. 이 실시예에서, 고속 응답 트리거 타이밍 모듈은 트리거 신호를 제공하고 나노초 정밀도 보다 양호하게 광-출력 신호를 모니터링한다. 바람직한 실시예에서 제어 프로세서는 소망하는 레이저 효율 및/또는 빔 품질의 범위내에서 레이저 동작을 유지시키도록 트리거 타이밍이 제어될 수 있는 피드백 응답을 산출하기 위해 작은 충전 전압 디더를 발생시키기 위해 알고리즘으로 프로그래밍된다. 바람직한 실시예에서 이 시스템은 KrF, ArF 또는 F₂ 레이저 신호로서 동작될 수 있다. 펄스 파워 컴포넌트는 가열 효과를 최소화하도록 수냉된다. MO는 내로우어 대역폭에 대해 PA에 비해 낮은 F₂ 농도 또는 감소된 가스 압력에서 동작될 수 있다. 또한, MO 빔은 빔 스펙트럼 품질을 개선시키기 위해 상당히 애써진다. 트리거 타이밍 기술은 빔 품질을 개선시키기 위해서도 개시된다. 또한, 개선된 라인-내로우잉 모듈도 양호한 빔 스펙트럼 품질에 기여한다. 설명된 바람직한 실시예에서, 레이저 시스템은 레이저 제어 플랫폼으로부터 다양한 레이저 모듈로 양방향 통신을 제공하는 3개의 CAN(제어 영역 네트워크) 클러스터를 갖춘

CAN을 포함한다. 레이저 시스템의 바람직한 실시예는 레이저 펄스의 길이를 증가시키기 위한 펄스 스트레치 및 빔 정렬에 대한 제어를 갖춘 빔 전달 유닛을 포함한다.

실시예

[0063]

MOPA 레이저 리소그래피 광원

[0064]

개괄

[0065]

본원의 제1 바람직한 실시예를 통합하는 레이저 시스템은 도 1에 도시되어 있다. 이 실시예에서 193nm 자외선 레이저 빔이 네덜란드에 소재한 ASML 또는 일본에 소재한 캐논 또는 니콘사에 의해 공급되는 스테퍼 리소그래피 머신(2)의 입력 포트에 제공된다. 이 레이저 시스템은 4,000Hz 이상의 펄스 반복율로 시스템의 축적된 도우즈 에너지 출력 및 펄스 에너지를 제어하기 위한 레이저 에너지 제어 시스템을 포함한다. 이 시스템은 펄스 및 도우즈 에너지의 피드백 및 피드포워드 제어로 서로에 대해 두 레이저 챔버내의 방전의 극히 정확한 트리거링을 제공한다.

[0066]

이 경우 레이저 시스템(4)의 주 컴포넌트는 스캐너가 설치되는 데크의 하부에 설치된다. 이 레이저 시스템은 레이저 빔을 스캐너(2)의 입력 포트에 전달하는 인클로우징된 빔 경로를 제공하는, 빔 전달 유닛(6)을 포함한다. 이 특정한 광원 시스템은 마스터 오실레이터(10) 및 전력 증폭기(12)를 포함하고 MOPA 시스템으로서 공지된 레이저 시스템의 유형이다. 광원은 펄스 스트레처를 포함한다. 광원은 레이저 광을 제공하기 위해 단일 레이저 오실레이터를 사용하여 종래기술을 넘는 집적회로 광원에서의 중요한 진보를 나타낸다.

[0067]

마스터 오실레이터 및 전력 증폭기는 각각 종래기술 단일 챔버 리소그래피 레이저 시스템의 방전 챔버와 유사한 방전 챔버를 포함한다. 이들 챔버(하기에 설명되는)는 두 개의 신장된 전극, 레이저 가스, 전극과 수냉식 핀 열 교환기간에 가스를 순환시키는 탄젠셜을 포함한다. 마스터 오실레이터는 도 1에 도시된 레이저 빔(14B)을 발생하기 위해 전력 증폭기를 통하는 두 패스에 의해 증폭된 제1 레이저 빔(14A)을 발생한다. 마스터 오실레이터(10)는 참조된 특허 및 특허출원에 설명되고 발명의 배경 단락에 개괄된 챔버 커플러(10C) 및 라인 내로 우잉 패키지(10B)에 의해 형성된 공진 캐비티를 포함한다. 마스터 오실레이터(10)에 대한 이득 매체는 마스터 오실레이터 방전 챔버(10A)내에 포함된 두 개의 50cm 길이 전극간에 발생된다. 전력 증폭기(12)는 방전 챔버이고 본 실시예에서 두 신장된 전극간에 이득 매체를 제공하는 마스터 오실레이터 방전 챔버(10A)와 거의 동일하지만 전력 증폭기(12)는 어떠한 공진 캐비티도 갖지 않는다. 이 MOPA 구성은 마스터 오실레이터가 파장 안정도 및 초협대역과 같은 빔 품질 파라미터를 최대화하도록 동작 및 디자인될 수 있게 하고; 반면에 전력 증폭기는 전력 출력을 최대화하도록 동작 및 디자인된다. 예로서, (본원인의 고용인) 사이머사로부터 상용구입가능한 현재 최신 기술의 광원은 단일 챔버 펄스당 5mJ, 4kHz, ArF 레이저 시스템이다. 도 1에 도시된 시스템은 펄스당 10mJ(소망하면 그 이상), 4kHz, ArF 레이저 시스템으로 빔 품질에서 상당한 개선을 이룬 적어도 두 배의 평균 자외선 파워를 발생시킨다. 이러한 이유로 MOPA 시스템은 더욱 고 품질 및 거 파워 레이저 광원을 나타낸다. 도 1a는 MOPA 모듈러 레이저 시스템의 한 버전에서의 컴포넌트의 개괄적인 위치를 도시한다.

[0068]

마스터 오실레이터

[0069]

도 1 및 1a에 도시된 마스터 오실레이터(10)는 상기한 '884호 특허 및 US 제6,128,323호에 설명된 종래기술의 ArF 레이저와 여러면에서 유사하고 출력 펄스 에너지가 약 5mJ 대신 전형적으로 약 0.1mJ인 것을 제외하곤 미국 특허출원 09/854,097호에 설명된 ArF 레이저의 여러 특징을 갖는다. '097호 출원에서 상세히 설명한 바와 같이, '323호에 대한 주요 개선점은 4000Hz 이상으로 동작할 수 있는 레이저가 제공되도록 하는 것이다. 본 발명의 마스터 오실레이터는 정밀한 파장 및 대역폭 제어를 포함한 스펙트럼 성능에 대해 최적화되었다. 그 결과는 더욱 좁은 대역폭 및 개선된 파장 안정도 및 대역폭 안정도로 된다. 마스터 오실레이터는, 각각이 50cm길이이고 약 0.5인치 이격된, 한 쌍의 신장된 전극(10A2 및 10A4)이 위치된 도1 및 도 1a, 및 도 2에 도시된 바와 같이 방전 챔버(10A)를 포함한다. 아노드(10A4)는 아노드 지지 바(10A6)를 형성하는 플로우상에 장착된다. 4개의 개별적인 편향상 수냉식 열교환기 유닛(10A8)이 제공된다. 탄젠셜 팬(10A10)은 전극간에 약 80m/s 까지의 속도로 레이저 가스 흐름을 공급하기 위해 두 개의 모터(도시되지 않음)에 의해 구동된다. 챔버는 레이저 빔에 대해 약 45° 도로 위치된 CaF₂ 윈도우를 갖춘 윈도우 유닛(도시되지 않음)을 포함한다. 챔버의 중앙에 흡입부를 갖는 정전 필터 유닛은 도2의 11로 지시된 가스 흐름의 작은 부분을 필터링하고 세정된 가스는 윈도우로부터 방전 잔해물을 방출시키기 위해 미국특허 제5,359,629호(본원에 참조 통합됨)에 설명된 방식으로 윈도우 유닛에

보내진다. 마스터 오실레이터의 이득 영역은 본 실시예에서 약 0.3% 아르곤, 약 0.1% F_2 및 나머지는 네온으로 된 레이저 가스를 통해 전극간의 방전에 의해 생성된다. 가스 흐름은 다음 펄스 이전에 방전 영역으로부터 각각의 방전의 잔해물을 제거한다. 공진 캐비티는 약 193nm의 광의 약 30%를 반사하고 약 193nm의 광의 약 70%를 통과시키도록 코팅되고 빔 방향에 수직으로 장착된 CaF_2 미러로 구성된 출력 커플러(10C)(도 1에 도시된 바와 같은)에 의해 오실레이터의 출력측에 생성된다. 공진 캐비티의 대향측 경계는 미국특허 제 6,128,323호에 설명된 종래기술 라인 내로우잉 유닛과 유사한 도 1에 도시된 라인 내로우잉 유닛(10B)이다. 도 3에 도시된 바와 같은 상기 라인 내로우잉 패키지에서의 주요 개선사항은 빔을 수평방향에서 약 45배 정도 확대시키기 위한 4개의 CaF_2 빔 확대 프리즘(112a-d)과 비교적 큰 피벗을 위한 스테퍼 모터에 의해 제어된 튜닝 미러(114)와 중심 라인 파장의 초미세 튜닝을 제공하기 위한 압전 구동기를 포함한다. 도 3a는 스테퍼 모터(82) 및 압전 구동기(83)를 도시한다. 스테퍼 모터는 레버 아암(84)을 통해 미러(114)에 그 힘을 제공하고 압전 구동기(83)는 그 힘을 레버 시스템의 받침점에 인가한다. LNP에 위치한 LNP 프로세서(89)는 라인 중심 분석 모듈(LAM;7)로부터의 피드백 명령에 기초하여 스테퍼 모터 및 압전 구동기 모두를 제어한다. mm 당 약 80개 패치를 갖는 에셀 격자(10C3)는 리트로우 구성으로 장착되고 약 300pm 폭의 ArF 자외 스펙트럼으로부터 선택된 UV 광의 초 협대역을 반사한다. 이 라인-내로우잉 유닛은 헬륨에 의한 동작 동안 연속적으로 퍼지된다. (질소는 다른 대안 퍼지 가스이다) 바람직하게 마스터 오실레이터는 종래 리소그래피 광원에서 사용되는 것 보다 훨씬 낮은 F_2 농도에서 동작된다. 이것은 본원인이 F_2 농도가 감소함에 따라 대역폭이 상당히 감소하는 것을 보여 주었으므로 대역폭이 상당히 감소하는 결과로 된다. 다른 주요 개선은 오실레이터 빔의 단면을 수평방향에서 1.1mm로 수직방향에서 7mm로 한정하는 좁은 후방 애퍼처이다.

[0070] 바람직한 실시예에서 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기를 위한 주 충전 커패시터 뱅크는 지터 문제를 감소시키기 위해 병렬로 충전된다. 이것은 두 펄스 파워 시스템의 펄스 압축회로에서의 펄스 압축을 위한 시간이 충전 커패시터의 충전 레벨에 의해 좌우되므로 바람직하다. 펄스 에너지 출력은 충전 전압의 조정에 의해 펄스-펄스 기준으로 제어된다. 이것은 마스터 오실레이터의 빔 파라미터를 제어하기 위해 전압의 사용을 약간 제한한다. 그러나, 레이저 가스 압력 및 F_2 농도는 광범위 펄스 에너지에 대한 소망하는 빔 파라미터를 달성하기 위해 용이하게 제어될 수 있다. 대역폭은 레이저 가스 압력 및 F_2 농도의 감소와 함께 감소한다. 이들 제어 특징은 하기에 상세히 설명되는 LNP 제어에 추가된 특징이다.

[0071] 전력 증폭기

[0072] 실시예의 전력 증폭기는 상기한 바와 같은 대응하는 마스터 오실레이터 방전 챔버에 유사한, 그 내부 컴포넌트를 구비한, 레이저 챔버로 구성된다. 두 개별적인 챔버를 갖는 것은 펄스 에너지와 도우즈 에너지(즉, 일련의 펄스에서 집적된)가 파장과 대역폭과 별개로, 큰 정도로, 제어될 수 있게 한다. 이것은 고 전력 및 양호한 도우즈 안정성이 될 수 있게 한다. 챔버의 모든 컴포넌트는 동일하고 제조 프로세스 동안 상호변경가능하다. 그러나, 동작시에, 가스 압력은 MO에 비해 PA에서 상당히 높을 수 있다. 레이저 효율은 F_2 농도 및 넓은 범위의 F_2 농도에 걸친 가스 압력의 증가에 따라 증가하지만; 낮은 F_2 농도는 작은 대역폭으로 될 수 있다. 전력 증폭기의 압축헤드(12B)는 본 실시예에서 압축헤드(10B)와 유사하고 압축헤드의 컴포넌트는 제조 프로세스 동안 상호변경가능하다. 펄스 전력 증폭기의 전기 컴포넌트와 챔버의 밀접한 동질성은 펄스 형성 회로의 타이밍 특성은 지터 문제가 최소화되도록 동일하거나 실질적으로 동일하다는 것을 보장하는 것에 조력한다. 한 사소한 차이점은 MO 압축헤드 커패시터 뱅크의 커패시터는 PA에 비해 상당히 높은 인덕턴스를 산출하기 위해 MO에 대해 더욱 넓게 위치된다.

[0073] 전력 증폭기는 도 1에 도시된 전력 증폭기 방전 챔버의 방전 영역을 통한 두 빔 패스를 위해 구성된다. 빔은 도 1에 도시된 바와 같이 MO(10)의 출력 커플러(10C)(30퍼센트 반사도를 갖춘)와 LNP(10B)간의 챔버(10A)를 통해 수회 발진하고 LNP(10C)를 통하는 그 통로상에서 상당히 내로우잉된다. 라인 내로우잉된 시드 빔은 MO 파장 엔지니어링 박스(MO WEB; 24)의 미러에 의해 하향 반사되고 챔버(12)를 통해 약간 구부러진(전극 방향에 대해) 각도에서 수평방향으로 반사된다. 전력 증폭기 빔 리버서(28)의 후방 단부에서 전극 방향과 일치하여 수평으로 PA 챔버(12)를 통하는 제2 패스에 대해 후방으로 빔을 반사시킨다.

[0074] 충전 전압은 소망 펄스 및 도우즈 에너지를 유지하기 위해 펄스-펄스 기반으로 선택된다. F_2 농도 및 레이저 가스 압력은 소망하는 충전 전압 범위를 공급하기 위해 조정될 수 있다(이는 상기한 바와 같이 충전전압은 주어진

출력 펄스 에너지에 대해 F_2 농도 및 가스 압력이 증가함에 따라 감소하기 때문이다). 이 소망 범위는 dE/dV 의 소망값을 산출하도록 선택될 수 있는 데 이는 전압에 의한 에너지의 변화가 F_2 농도 및 레이저 가스 압력의 함수이기 때문이다. F_2 가스는 시간에 대해 챔버에서 공핍되고 그들의 공핍은 일반적으로 소망 펄스 에너지를 유지하기 위해 충전 전압에서의 대응하는 증가에 의해 수용된다. 주입 타이밍은 충전 전압에 기초한다. 주입 빈도는 상태를 비교적 일정하게 유지하고 연속적일 수 있고 거의 연속적일 수 있도록 하기 위해 높게 유지(그리고 삽입된 양은 작게 유지됨)되는 것이 바람직하다. 그러나, 이들 실시예의 몇몇 사용자들은 F_2 주입간에 더욱 큰 지속시간(2시간 정도와 같은)을 선호할 수 있다. 몇몇 사용자들은 F_2 주입 동안 파이어 되지 않도록 레이저가 프로그래밍되는 것을 선호할 수 있다.

[0075] MOPA 제어 시스템

[0076] 도 1c는 본 발명의 실시예의 다수의 중요 제어 특징을 도시하는 블록도이다. 이 제어 시스템은 임의 유형의 리소그래피 머신(2)(스테퍼 머신 또는 스캐너 머신일 수 있음) 또는 레이저 동작 제어 패들(602)로부터 레이저 제어를 할 수 있게 하는 특수한 소프트웨어를 포함하는 RS232 레이저-스캐너 인터페이스 하드웨어(600)를 포함한다. 중앙처리장치(604)는 MOPA 시스템을 위한 마스터 제어이고 리소그래피 머신(2) 및 오퍼레이터 제어 패들(602)로부터, 인터페이스 하드웨어(600) 및 4개 직렬 포트(606)를 통해 명령을 수신한다.

[0077] 레이저 제어 CPU(604)는 통신 CPI 베이스(610, 612, 614)를 통해 제어 CPU(608)를 파이어링하도록 통신한다. 파이어 제어 플랫폼 CPU(608)는 공진 충전기(49)에 의해 병렬로 충전된 MO 및 PA내의 충전 커패시터의 충전을 제어한다. 파이어 제어 CPU(608)는 각 펄스에 대한 HV 타겟을 설정하고 충전개시하도록 트리거를 제공한다(이 CPU는 하기에 설명되는 타이밍 제어 및 에너지 제어 알고리즘을 구현한다). 타이밍 에너지 모듈(618)은 MO 및 PA 광 검출기 모듈(620 및 622)의 광 검출기로부터의 신호를 수신하고 명령 모듈(616)로부터의 신호 및 명령에 기초하여 도 5에 도시된 MO 및 PA 충전 커패시터(42)로부터의 방전을 개시시키는 스위치를 트리거하는 MO 정류자(50A) 및 PA 정류자(50B)에 피드백 트리거 신호를 제공하고 MO 및 PA에 방전을 발생하기 위해 피킹 커패시터(82)에서의 방전 전압이 발생하는 결과로 되는 펄스 압축을 개시시킨다. TEM에 대한 추가 상세사항은 도 1d에 도시되어 있다.

[0078] 바람직한 타이밍 프로세스는 다음과 같다: 명령 모듈(616)은 타이밍 에너지 모듈(618)에 트리거 명령을 전송하고 소망하는 광 이전 27 마이크로초(즉, 레이저 펄스의 제1 에지의 시간)는 MO 및 PA내의 스위치(46)를 트리거링하기 위한 정밀한 시간을 제공한다. TEM은 "TEM 기준"이라 칭하는 기준시간을 수립함에 의해 타이밍 신호와 내부 클록을 동기화하고 트리거와 광 출력신호를 그 기준시간에 상관시킨다. TEM은 트리거 신호를 약 25피코초의 정밀도로 MO 스위치(46) 및 MO 정류자(50A)에 발행하고 수 ns 후(명령 모듈(616)로부터의 명령어에 따라) 약 250ps의 정밀도로 PA 스위치(46) 및 PA 정류자(50B)에 발행한다. TEM은 그후 TEM 기준 시간에 대해 약 100ps의 정밀도로 PA 모듈(620 및 622)로부터의 광 출력 신호의 시간을 모니터링한다. 이들 시간 데이터는 TEM(618)에 의해 이들 데이터를 분석하는 명령 모듈(616)에 전송되고 다음 펄스에 대한 적절한 타이밍을 계산하며(하기의 알고리즘을 기초로 하여) 다음 펄스 이전 27 마이크로초에서, 명령 모듈(616)은 새로운 트리거 명령어를 타이밍 에너지 모듈(618)에 전송한다. (TEM은 또한 피킹 커패시터 뱅크(82)상의 전압을 모니터링하고 피드백 트리거 제어도 특정 임계치에 걸쳐 피킹 커패시터 뱅크상의 시간 전압에 기초할 수 있다.)

[0079] 따라서 방전 타이밍 작업은 TEM 모듈(618)과 명령 모듈(616)간에 공유된다. 두 모듈간의 통신은 도 1c에 617로 나타낸 10 메가비트 동기 직렬 링크를 따른다. 모듈(618)은 초고속 트리거 발생 및 타이밍 방법론을 제공하고 모듈(616)은 초고속 계산을 제공한다. 함께 작업하는 것에 의해 타이밍을 모니터링할 수 있고, 피드백을 제공하고, 정교한 알고리즘을 사용하여 다음 타이밍 신호를 계산하고 250 마이크로초 미만의 타임 윈도우내의 모든 정류자에 두 트리거 신호를 제공하고 일초의 약 2 내지 5 수십억분의 일 미만의 두 방전의 상대 트리거링 정확도를 보장한다. TEM 모듈은 또한 광출력 신호를 스테퍼/스캐너(2)에 제공한다. 이 트리거링 프로세스는 스테퍼/스캐너(2)로부터의 명령어에 의해 또는 사용자 인터페이스 패들(602)을 통해 레이저 오퍼레이터에 의해 수정될 수 있다. TEM 모듈에 사용된 유형의 고속 모니터링 및 트리거 회로는 캘리포니아 샌프란시스코 소재의 하이랜드 테크놀로지; 캘리포니아 산 라파엘 소재의 버클리 뉴클레오시스; 및 캘리포니아 샌디에고 소재의 앤더스 엔지니어링, 및 캘리포니아 파사데나 소재의 스탠포드 리서치;사와 같은 공급자로부터 상용구입가능하다. 이들 트리거 회로에 관한 이들 타이밍 회로, 이슈 및 특징의 정확도에 관한 중요성은 하기에 설명된다.

[0080] TEM과 같은 타이밍 모듈은 서브-나노초 시간 레졸루션을 필요로 한다. 바람직한 실시예에서, 본원인은 20 또는 40 MHz 크리스탈 오실레이터와 같은 디지털 카운터를 이용하여 광대역 동적 범위를 갖춘 1-나노초 레졸루션(즉,

약 100ps 레졸루션) 보다 양호한 것을 달성하기 위해 트릭을 이용한다. 상기 크리스탈 오실레이터는 25 또는 50ns 간격으로 클록 신호를 공급하지만 이들 신호는 초선형 아날로그 용량성 충전회로를 충전시키는 데에 이용된다. 커패시터상의 전압은 그후 서브-나노초 정확도로 시간을 결정하기 위해 판독된다.

[0081] 파장 제어가 MO의 출력을 모니터하는 라인 중심 분석 모듈(LNM; 7)로부터의 피드백 신호를 기초로 파이어 제어 명령 모듈(616)로부터의 명령어로 LNM 제어기(624)에 의해 제공된다. 라인 센터를 측정하기 위한 바람직한 기술이 하기에 설명된다.

[0082] 레이저 시스템의 기타 엘리먼트에 대한 제어는 도 1c에 지시된 제어 영역 네트워크(CAN)에 의해 제공된다. CAN 인터페이스(626)는 레이저 제어 플랫폼(604)과 인터페이스하고 파워 클러스터(628), 좌측 옵틱 베이 클러스터(630) 및 우측 옵틱 베이 클러스터(632)들인 3개의 CAN 클러스터에 제어 정보를 제공한다. 이 CAN 네트워크는 레이저 제어 플랫폼(604)으로부터 여러 모듈에 제어를 제공하고 모듈로부터의 동작 데이터를 레이저 제어 플랫폼에 제공하는 모듈들과 쌍-방향 통신을 제공한다.

[0083] 데이터 획득은 본원에 참조된 미국특허출원 제 09/733,194호에 설명된 인터넷 시스템을 통해 이용가능하고 대량의 데이터를 수집하여 저장할 수 있는 스위치 (636) 사이머-온-라인 모듈(634)을 통해 제공될 수 있다. 필드 서비스 포트(638)는 특수한 분석 및 테스트를 위해 CPU(608) 및 CPU(604)에 대한 액세스를 제공한다. 또한 8개 BNC 커넥터(640)는 특수 모니터를 위해 디지털-아날로그 컨버터(642)를 통해 이용가능하다.

[0084] 시험 결과

[0085] 본원인은 도 6a1에 도시된 바와 같은 다양한 광학 경로로 도 1에 도시된 MOPA 구성에 대한 광범위한 시험을 행하였다. 그 결과가 도 6a2에 도시되어 있다. 시험된 디자인은 단일 펄스, 직선 더블 펄스, 분할된 증폭기 전극을 갖춘 단일 펄스 및 경사진 더블 펄스를 포함한다. 도 6b는 650V 내지 1100V 범위에 이르는 충전 전압으로 스큐잉된 더블 펄스 구성을 위한 PA 입력 에너지의 함수로서 시스템 출력 펄스 에너지를 도시한다. 도 6c는 4 입력 에너지에 대해 오실레이터의 시작과 증폭기 출력사이에서의 시간 지연의 함수로서 출력 펄스의 형태를 도시한다. 도 6d는 출력 빔 대역폭상의 펄스간의 시간 지연의 효과를 도시한다. 이 그래프는 출력 펄스 에너지에 의한 지연 효과를 도시한다. 이 그래프는 대역폭이 지연 증가에 의해 펄스 에너지의 희생으로 감소될 수 있다. 도 6e는 레이저 시스템 펄스 지속시간도 펄스 에너지의 희생으로 어느정도 확대될 수 있음을 보여준다.

[0086] 펄스 파워 시스템

[0087] 펄스 파워 회로

[0088] 도 1에 도시된 실시예에서, MO 및 PA를 위한 기본 펄스 파워 회로는 종래의 리소그래피를 위한 엑시머 레이저 광원의 펄스 파워 회로와 유사하다. 충전 커패시터의 개별 펄스 파워 회로 다운스트림은 각각의 방전 챔버를 위해 제공된다. 바람직하게 단일 공진 충전기는 두 충전 커패시터 뱅크가 정밀하게 동일 전압으로 충전되는 것을 보장하기 위해 병렬로 연결된 두 충전 커패시터 뱅크를 충전한다. 이 바람직한 구성은 도 4 및 도 5c1에 도시되어 있다. 도 5a는 MO 및 PA를 위해 사용되는 기본 펄스 파워 회로의 주 요소를 도시한다. 도 5c2는 이 회로의 간략화된 형태를 도시한다.

[0089] 공진 충전기

[0090] 도 5b에 바람직한 공진 충전기 시스템(49)이 도시되어 있다. 주 회로 요소는:

[0091] I1 B 정 DC 전류 출력을 구비한 3-위상 파워 서플라이(300).

[0092] C-1 B C₀ 커패시터 뱅크(42) 보다 큰 크기 정도의 소스 커패시터(302). 병렬로 충전되는 두 개의 커패시터 뱅크(CO₁₀ 및 CO₁₂)가 있다.

[0093] Q1, Q2 및 Q3 B C₀ 커패시터 뱅크상에 조절 전압을 충전 및 유지하기 위한 전류 흐름을 제어하는 스위치.

[0094] D1, D2 및 D3 B 전류 단일 방향 흐름을 제공한다.

[0095] R1 및 R2 B 제어 회로에 전압 피드백을 제공한다.

- [0096] R3 B 작은 초과 충전인 이벤트의 경우에 C₀상에 전압의 고속 방전을 허용한다.
- [0097] L1 B 전류 흐름을 제한하고 및 충전 전송 타이밍을 셋업하기 위해 C₀ 커패시터 뱅크(42)와 C-1 커패시터(302)간의 공진 인덕터.
- [0098] 제어 보드(304) B Q1, Q2 Q3가 회로 피드백 파라미터에 기초하여 개방 및 폐쇄되도록 명령함.
- [0099] 이 회로는 드-칭(De-Qing) 스위치로 알려진 스위치와 함께, 다이오드(D3) 및 스위치(Q2)를 포함한다. 이 스위치는 공진 충전 프로세스 동안 제어 유닛이 인덕터를 단락시킬 수 있도록 함으로써 회로의 조절을 개선시킨다. 이 "드-칭"은 충전 인덕터(L1)의 전류에 저장된 추가의 에너지가 커패시터(C₀)로 전송되는 것을 방지한다.
- [0100] 레이저 펄스를 위한 필요 이전에 C-1상의 전압은 600-800 볼트로 충전되고 스위치(Q1-Q3)는 개방된다. 레이저로부터의 명령시, Q1는 폐쇄된다. 이 시점에서 전류는 충전 인덕터(L1)를 통하여 C-1으로부터 C₀로 흐른다. 이전 단락에서 설명한 바와 같이, 제어보드상의 캘큐레이터는 레이저로부터의 명령 전압 셋트 포인트에 대한 L1에 흐르는 전류 및 C₀상의 전압을 평가하게 된다. Q1은 C₀ 커패시터 뱅크상의 전압과 인덕터(L1)에 저장된 등가 에너지를 더한 것이 소망 커맨드 전압과 같을 경우 개방한다. 그 계산은:
- [0101]
$$V_f = [V_{C0s}^2 + ((L_1 * I_{L1s}^2) / C_0)]^{0.5}$$
이고
- [0102] 여기서,
- [0103] $V_f = Q1$ 개방 후 C₀상의 전압과 L1의 전류는 제로로 간다.
- [0104] $V_{C0s} = Q1$ 개방 경우 C₀상의 전압.
- [0105] $I_{L1s} = Q1$ 개방 경우 L1을 통해 흐르는 전류.
- [0106] Q1 개방 후 L1에 저장된 전류는 C₀ 커패시터 뱅크상의 전압이 코맨드 전압과 대략 동일할 때 까지 D2를 통해 C₀ 커패시터 뱅크에 전송되기 시작한다. 이 시점에 Q2는 폐쇄되고 C₀로의 전류 흐름은 중지되고 D3를 통해 보내진다. "드-칭" 회로에 추가하여, 블리드다운 회로로부터의 R3 및 Q3는 C₀상에서 추가의 미세 조절을 허용한다.
- [0107] 블리드다운 회로(216)의 스위치(Q3)는 인덕터(L1)를 통해 흐르는 전류가 중지되는 경우 제어 보드에 의해 폐쇄되도록 명령되고 C₀상의 전압은 소망 제어 전압으로 블리드다운되고; 그후 스위치(Q3)는 개방된다. 커패시터(C₀) 및 레지스터(R3)의 시간상수는 전체 전하량의 인식가능한 양이 되지 않고 커패시터(C₀)를 코맨드 전압으로 블리드다운시키기에 충분한 고속이어야 한다.
- [0108] 결과적으로, 공진 충전기는 조절 제어의 3레벨로 구성될 수 있다. 몇몇 대략적인 조절이 충전 사이클 동안 스위치(Q1)의 개방 및 에너지 캘큐레이터에 의해 제공된다. C₀ 커패시터 뱅크상의 전압이 타겟값에 근접함에 따라, 드-칭 스위치는 폐쇄되고, C₀상의 전압이 타겟값 또는 약간 그 이상인 경우 공진 충전을 중지시킨다. 바람직한 실시예에서, 스위치(Q1) 및 드-칭 스위치는 +/-0.1% 보다 양호한 정확도를 갖춘 조절을 제공하기 위해 사용된다. 추가 조절이 필요로 되는 경우, 전압 조절에 대한 3 제어가 이용될 수 있다. 이것은 C₀들을 정밀한 타겟값으로 방전다운시키는 R3(도 5b에 216으로 도시된) 및 스위치(Q3)로 된 블리드다운 회로이다.
- [0109] **C₀'s의 다운스트림에 대한 개선**
- [0110] 상기한 바와 같이, 본 바람직한 실시예의 PA 및 MO의 펄스 파워 시스템은 각각 미국 출원번호 제 10/036/676호에 설명된 단일 챔버 시스템에 사용된 바와 같은 동일 기본 설계(도 5a)를 이용한다. 설명되고 청구된 주요 개선은 레이저 빔 퀄리티의 정밀한 제어 및 타이밍 제어로 레이저가 효과적으로 동작할 수 있도록하는 이들 두 개별 펄스 파워 시스템의 조합에 관한 것이다. 또한, 상기 출원 발명에 설명된 몇몇 주요 개선은 종래의 리소그래픽 레이저 시스템에 비해 매우 증가된 반복율에 의한 결과인 열 로드에서의 3 증가 인수에 필요로 된다. 이

들 개선은 하기에 설명된다.

[0111] 정류자 및 압축 헤드에 대한 상세한 설명

[0112] 본 단락에서, 정류자 및 압축 헤드에 대해 상세히 설명된다.

[0113] 고채상태 스위치

[0114] 고채상태 스위치(46)는 펜실베이니아 영우드 소재의 Powerex, Inc.사에 의해 제공된 P/N CM 800 HA-34H IGBT이다. 실시예에서, 그러한 두 스위치가 병렬로 사용된다.

[0115] 인덕터

[0116] 인덕터(48, 54 및 64)는 미국특허 제5,448,580호 및 5,315,611호에 설명된 종래 시스템의 그것들과 유사한 포화 인덕터이다.

[0117] 도 7은 L_0 인덕터(48)의 설계를 나타낸다. 이 인덕터에서 두 개의 IGBT 스위치(46B)로부터의 4개 컨덕터는 약 1인치의 ID와 약 1.5인치의 OD를 갖춘 초고투자율 재료로 된 8인치 길이의 중공으로 된 파트(48A)를 형성하기 위해 16개 페라이트 토로이드(49)를 통과한다. 4개 컨덕터의 각각은 파트(48B)를 형성하기 위해 절연성 도넛형상 코어 둘레에 두번 감싸진다. 4개 컨덕터는 그후 플레이트에 연결되고 차례로 C_1 커패시터 뱅크(52)의 고전압측에 연결된다.

[0118] 포화 인덕터(54A)에 대한 바람직한 모습이 도 8에 도시되어 있다. 이 경우, 인덕터는 단일 권선 기하학적 형태이고 여기서 최상부 및 최하부 리드(541 및 542)와 중앙 맨드릴(543)은 모두 고전압이고 인덕터 자기 코어를 통해 단일 권선을 형성한다. 외부 하우징(54A1)은 접지 전위에 있다. 자기 코어는 캘리포니아의 아텔란토의 내셔널 아놀드 또는 펜실베이니아의 마그네틱스 오브 버틀러에 의해 제공된 50-50% Ni-Fe 합금을 감는 0.0005" 두께 테이프이다. 또한, 세라믹 디스크(도시되지 않음)는 어셈블리의 중앙부로부터의 열이 모듈 새시 베이스 플레이트로 전송되는 데 조력하기 위해 리액터 하부 리드 밑에 장착된다. 도 8은 C_1 커패시터 뱅크(52)의 컨덕터 중의 하나에의 고전압 연결과 1:25 승압 펄스 변압기(56)의 인덕션 유닛중의 하나의 고전압 리드에의 연결을 도시한다. 하우징(545)은 유닛(56)의 접지 리드에 연결된다.

[0119] 이 인덕터는 수냉 재킷(54A1)에 의해 냉각된다. 냉각 라인(54A2)은 알루미늄 베이스 플레이트를 통과하고 재킷(54A1)을 둘러싸기 위해 모듈내에 루팅되고 여기서 IGBT 스위치 및 직렬 다이오드가 장착된다. 이들 세 컴포넌트는 모듈내에 대부분의 전력 소산을 일으킨다. 열을 소산시키는 기타 아이템(스너버 다이오드 및 레지스터, 커패시터 등)도 모듈의 후방의 두 개 핀에 의해 제공된 공기에 의해 강제로 냉각된다.

[0120] 재킷(54A1)은 접지 전위로 유지되기 때문에, 냉각 튜빙을 리액터 하우징에 직접 부착하는 어떠한 전압 절연 문제도 없다. 이것은 54A3로 나타난 하우징의 외측부의 도우브테일형상 그루브 커트부에 튜빙을 가압 피팅시킴으로써 그리고 냉각 튜빙과 하우징간에 양호한 콘택트를 이루는 데에 조력하기 위해 열 전도성 화합물을 사용하여 행해진다.

[0121] 수냉식 압축 헤드는 종래기술의 공냉식에 대해 전기설계면에서 유사하다(동일 유형 커패시터가 사용되고 유사한 재료가 리액터 설계에 사용된다). 이 경우 큰 차이는 모듈은 고반복율로 구동되어야 하며 따라서 고 평균 전력이어야 한다. 압축 헤드 모듈의 경우, 대부분의 열은 포화 인덕터(64a)내에서 소산된다. 서버어셈블리를 냉각시키는 것은 전체 하우징이 초고전압의 짧은펄스로 동작하기 때문에 중요 사항이 아니다. 도 9, 9a 및 9b에 도시된 바와 같이 이에 대한 해결책은 하우징을 접지전위로부터 유도적으로 분리하는 것이다. 이 인덕턴스는 페라이트 자기 코어를 포함하는 두 실린더 형상부 둘레를 냉각 튜빙으로 감싸므로써 제공된다. 입력 및 출력 냉각 라인은 도 9, 9a 및 9b에 도시된 바와 같은 두 페라이트 블록과 두 실린더 부로 형성된 페라이트 코어의 실린더부 둘레에 코일로 감겨진다.

[0122] 페라이트핀은 뉴저지 페어필드의 세라믹 마그네틱스사에 의해 제조된 CN-20 재료로 제조된다. 구리 튜빙의 단일 핀(0.187" 직경)은 가압 맞춤되고 인덕터(64A)의 하우징(64A1) 둘레에 및 제2 권선 형상부 둘레에, 제1 권선 형상부에 감긴다. 어떠한 냉각 튜빙 조인트도 새시내에 존재하지 않도록 압축 헤드 시트 금속 커버의 피팅을 통

해 신장되도록 충분한 길이가 단부에 남아있게 된다.

[0123] 인덕터(64A)는 수냉식 정류자 제1 스테이지 리액터 하우징에 사용된 것과 유사한 64A2로 도시된 도브테일 홈으로 구성된다. 이 하우징은 도브테일 홈을 제외하곤 이전의 공랭식과 많이 동일하다. 구리 냉각수 튜빙은 하우징과 냉각수 튜빙간에 양호한 열적 연결을 제공하기 위해 상기 홈에 압착된다. 열 전도성 화합물은 열 임피던스를 최소화하기 위해 추가된다. 인덕터(64A)는 테이프의 4개 코일로 된 자기 코어(64A3) 둘레에 두 루프를 제공한다.

[0124] 바이어스 전류는 압축 헤드로의 케이블을 통해 정류자의 dc-dc 컨버터에 의해 공급된다. 전류는 "포지티브" 인덕터(L_{B2})를 통과하고 C_{p-1} 전압 노드에 연결된다. 그후 전류는 HV 케이블(변압기의 2차부분이 접지로 통과하고 다시 dc-dc 컨버터로 통과함)을 통해 정류자로 복귀하는 부분으로 분할된다. 다른 부분은 압축 헤드 리액터(L_{p-1})를 통과하고(자기 스위치를 바이어스시키기 위해) 수냉식 튜빙 "네거티브" 바이어스 인덕터 L_{B3} 를 통과하고 다시 접지 및 dc-dc 컨버터를 통과한다. 각각의 레그에서 저항을 밸런싱함으로써, 설계자는 충분한 바이어스 전류가 압축 헤드 리액터 및 정류자 변압기 모두에 이용가능하도록 할 수 있다.

[0125] "포지티브" 바이어스 인덕터(L_{B2})는 "네거티브" 바이어스 L_{B3} 와 매우 유사하다. 이 경우, 동일한 페라이트 바아 및 블록이 자기 코어로 사용된다. 그러나, 두 개의 0.125" 두께 플라스틱 스페이서가 에어갭을 생성하기 위해 사용되고 따라서 코어는 dc 전류를 포화시키지 않는다. 인덕터를 냉각 튜빙으로 감는 대신에 18AWG 테프론 와이어가 그 형상부 둘레에 감겨진다.

[0126] 기타 고 전압 컴포넌트의 냉각

[0127] 고 전압에서의 "플로트"를 IGBT 스위치가 스위칭한다해도, 스위치로부터 전기적으로 절연된 1/16 인치 두께 알루미늄 플레이트인 알루미늄 베이스상에 장착된다. 알루미늄 베이스 플레이트는 히트 싱크로서 기능하고 접지 전위에서 동작하고 고전압 절연이 냉각 회로에 필요치 않으므로 냉각시키는 것이 더욱 쉽다. 수냉된 알루미늄 베이스 플레이트가 도 7a에 도시되어 있다. 이 경우, 냉각 튜빙이 IGBT가 장착된 알루미늄 베이스의 홈에 압착된다. 인덕터(54a)에서와 같이 열도전성 화합물이 베이스 플레이트와 냉각 튜빙사이의 전체 조인트를 개선시키기 위해 사용된다.

[0128] 일련의 다이오드는 정상 동작 동안 고전위로 "플로팅"된다. 이 경우, 다이오드 하우징은 어떠한 고전압 분리도 제공하지 않는 설계에 사용된다. 이 필요한 분리를 제공하기 위해, 다이오드 "하키 펍" 패키지는 히트 싱크 어셈블리내에 클램핑되고 그후 세라믹 베이스의 상부에 장착되고 그후 수냉 알루미늄 베이스 플레이트의 상부에 장착된다. 세라믹 베이스는 필요한 전기절연을 제공하기에 충분한 두께이지만 필요한 열 임피던스를 발생시키는 데 충분한 두께는 아니다. 이 특정 설계를 위해, 세라믹은, 베릴리아와 같은 기타 재료가 다이오드 접합과 냉각수간에 열 임피던스를 감소시키는 데 사용될 수 있을 지라도, 1/16" 두께이다.

[0129] 수냉 정류자의 제2 실시예는 IGBT's 및 다이오드를 위한 새시 베이스 플레이트에 부착된 단일 냉각 플레이트 어셈블리를 이용한다. 냉각 플레이트는 단일된 니켈 튜빙을 두 개의 알루미늄 "상부" 및 "하부" 플레이트로 브레이징시킴으로써 제조된다. 상기한 바와 같이, IGBT 및 다이오드는 이전에 설명된 어셈블리 하부에 있는 세라믹 디스크의 사용에 의해 그들의 열을 냉각 플레이트에 전달하도록 설계되었다. 바람직한 실시예에서, 냉각 플레이트 냉각 방법은 공진 충전기의 IGBT 및 다이오드를 냉각시키는 데에 사용된다. 열적으로 도저성 로드 또는 열 파이프도 열을 외부 하우징으로부터 새시 플레이트에 전달하는 데에 사용될 수 있다.

[0130] 종래기술의 펄스 파워 시스템에서, 전기 컴포넌트로부터의 오일 누설은 큰 문제이었다. 본 실시예에서, 오일 절연 컴포넌트는 포화 인덕터로 한정된다. 더우기, 도 9에 도시된 포화 인덕터(64)는 오일 누설의 가능성을 제거하기 위해 오일 레벨 이상으로 모든 시일 연결부가 위치된 포트형 오일 함유 하우징에 수용된다. 예로서, 인덕터(64)의 최하부 시일은 도 9에 308로 도시되어 있다.

[0131] 커패시터

[0132] 도 5a에 도시된 커패시터 뱅크(42,52,62 및 82; 즉, C_0 , C_1 , C_{p-1} , 및 C_p)는 모두 병렬로 연결된 오프-더-셀프 커패시터의 뱅크로 구성된다. 커패시터(42 및 52)는 독일의 비마 또는 노쓰 캐롤라이나의 스테이즈빌 소재의 비

사이 로에더스타인과 같은 공급자로부터 구입가능한 필름형이다. 본원인은 커패시터 및 인덕터의 바람직한 연결 방법은 미국특허 제5,448,580호에 설명된 것과 유사한 방식으로 두텁게 니켈 코팅된 구리 리드를 갖는 특수 인쇄회로기판상의 포지티브 및 네거티브 단자에 납땜하는 방법이 바람직하다고 생각한다. 커패시터 뱅크(62 및 64)는 일본의 TDK 및 무라타와 같은 판매자로부터의 고전압 세라믹 커패시터의 병렬 어레이로 구성된다. 이 ArF 레이저에서의 사용을 위한 실시예에서 커패시터 뱅크(62; 즉 C_p)는 9.9nF 커패시턴스를 위한 33개의 0.3nF 커패시터의 뱅크로 구성되고; C_{p-1} 는 전체 9.6nF 커패시턴스를 위한 24개의 0.40nF 커패시터의 뱅크로 구성되고; C_1 는 5.7 μ F 커패시터 뱅크이고 C_0 는 5.3 μ F 커패시터 뱅크이다.

[0133]

펄스 변압기

[0134]

펄스 변압기(56)는 미국특허 제5,448,580호 및 제5,313,481호에 설명된 펄스 변압기와 유사하다. 그러나 본 실시예의 펄스 변압기는 제2 권선부에서 단일 권선을 갖고 승압 비 1:24를 위해 제1 권선부의 1/24와 등가인 24 인덕션 유닛을 갖는다. 도 10에 펄스 변압기(56)가 도시되어 있다. 24 인덕션 유닛의 각각은 도 10의 하부 에지를 따라 도시된 바와 같은 인쇄회로 보드(56B)상의 포지티브 및 네거티브 단자에 볼트결합된 두 플랜지(각각은 나사산 볼트 구멍을 갖춘 편평 에지를 갖추)를 갖는 알루미늄 스폴(56A)로 구성된다. (네거티브 단자는 24개 주권선부의 고전압 단자이다). 절연체(56C)는 각 스폴의 포지티브 단자를 인접 스폴의 네거티브 단자로부터 분리한다. 스폴의 플랜지간에는 약 1/32 인치의 벽두께를 갖는 0.875 OD를 갖춘 1 1/16 인치 길이의 중공 실린더가 있다. 스폴은 절연된 Metglas 감싸의 OD가 2.24인치가 될 때 까지 1인치 폭이고, 0.1 밀 두께 미라 필름과 0.7 밀 두께 MetglasTM 2605 S3A로 감싸여진다. 하나의 주권선을 형성하는 감싸진 단일 스폴의 사시도가 도 10a에 도시되어 있다.

[0135]

변압기의 제2권선부는 PTFE(Teflon 7)으로 된 기밀 피팅 절연 튜브 내부에 장착된 단일한 OD 스테인리스강 로드이다. 권선부는 도 10에 도시된 바와 같이 4부분이다. 도 10의 56D로 도시된 스테인리스강 제2 권선부의 저전압단은 인쇄회로보드(56B)상의 56E인 주 HV 리드에 결합되고, 고전압 단자는 56F로 도시되어 있다. 결과적으로, 변압기는 자동 변압기 구성을 가정하고 승압비는 1:24 대신 1:25가 된다. 따라서, 인덕션 유닛의 +와 - 단자간의 -1400볼트는 제2차 측상에서 단자 56F에 약 -35,000 볼트를 산출한다. 이 단일 권선 제2 권선부 설계는 초고속 출력 상승 시간을 허용하는 초저 누설 인덕턴스를 제공한다.

[0136]

레이저 챔버 전기 컴포넌트의 상세사항

[0137]

C_p 커패시터(82)는 MO 및 PA 챔버 압력 베셀의 각각의 상부에 장착된 33개 0.3nF 커패시터의 뱅크로 구성된다. (통상적으로 ArF 레이저는 3.5% 아르곤, 0.1% 플루오르 및 나머지는 네온으로 된 레이징 가스로 동작된다) 전극은 0.5 내지 1.0 인치 바람직하게는 5/8 인치로 분리된 약 28인치 길이이다. 바람직한 전극은 하기에 설명된다. 이 실시예에서, 상부 전극은 캐소드로 칭해지고 ArF 레이저에 대해 약 12KV 내지 20KV의 범위에서 고전압 네거티브 펄스가 공급되고 하부 전극은 도 5a에 지시된 바와 같이 접지에 연결되고 아노드로서 칭해진다.

[0138]

방전 타이밍

[0139]

도 1c를 참조하여, 본원인은 MO 및 PA 에서의 방전 타이밍을 위한 바람직한 피드백 트리거 제어 기술을 상세히 설명하였다. 본 단락에서, 본원인은 기타 방전 타이밍 문제 및 특징을 설명한다.

[0140]

ArF, KrF 및 F_2 전기 방전 레이저에서, 전기 방전은 약 50ns(즉, 1초의 10억분의 50) 지속한다. 이 방전은 레이징 작용에 필요한 밀집 반전을 생성하지만 이 반전은 방전 시간 동안만 존재한다. 그러므로, 주입 시딩된 ArF, KrF 또는 F_2 레이저를 위한 주요 필요조건은 마스터 오실레이터로부터의 시드 빔은, 밀집이 레이저 가스에서 반전되는 경우 일초의 10억분의 50 동안 전력 증폭기의 방전 영역을 통과하고 따라서 시드 빔의 증폭이 발생한다. 방전의 정밀 타이밍에 대한 주요 장애는 약 40-50ns 만 지속하는 방전의 시작과 클로уз되도록 트리거된 시간 스위치(42)(도 5에 도시된 바와 같은)간에 약 5 마이크로초(즉, 50,000ns)의 지연이 있다는 사실이다. C_0 들과 전극간의 회로를 통해 링시키기 위해 펄스에 대해 약 5 마이크로초의 시간 간격이 걸린다. 이 시

간 간격은 충전 전압의 크기와 회로의 인덕터의 온도의 크기에 따라 상당히 변동한다.

- [0141] 그럼에도 불구하고 본 명세서에 설명된 바람직한 실시예에서, 본원인은 약 2 내지 5ns(즉, 일초의 10억분의 2 내지 5) 미만의 상대 정확도로 두 방전 챔버의 방전에 대한 타이밍 제어를 제공하는 전기 펄스 파워 회로를 개발하였다. 두 회로의 블록도가 도 4 및 5c1에 도시되어 있다.
- [0142] 본원인은 타이밍이 약 5-10ns/볼트만큼 충전 전압으로 변동하는 테스트를 행하였다. 이것은 충전 커패시터를 충전하는 고전압 전력 공급부의 정확도 및 반복가능성에 대한 엄격한 필요조건을 제시한다. 예로서, 5ns의 타이밍 제어가 소망되는 경우, 볼트당 10ns의 시프트 민감도로, 충전 회로의 레졸루션 정확도는 0.5 볼트가 될 것이다. 1000V의 정격 충전 전압에 대해, 이것은 커패시터가 초당 4000회 이상의 특정값으로 충전되어야만 하는 경우 달성하기가 매우 곤란한 0.05%의 충전 정확도를 필요로 한다.
- [0143] 이 문제에 대한 본원인의 해결책은 상기한 바와 같이 및 도 4 및 5c1에 지시된 바와 같이 단일 공진 충전기(7)로부터 병렬로 MO 및 PA의 충전 커패시터를 충전시키는 것이다. 또한 시간 지연 대 충전 전압 곡선은 도 4a에 도시된 바와 매칭되도록 두 시스템에 대해 2 펄스 압축/증폭 회로를 설계하는 것이 중요하다. 이것은 각각의 회로에 어느정도 가능한 동일 컴포넌트를 이용하여 용이하게 행해질 수 있다.
- [0144] 따라서, 본 실시예의 타이밍 변동(지터로서 참조되는 변동)을 최소화하기 위해, 본원인은 유사한 컴포넌트를 갖춘 방전 챔버를 위한 펄스 전력 컴포넌트를 설계하고 시간 지연 대 전압 곡선이 도 4c에 지시된 바와 같이 서로 추적한다는 사실을 확인하였다. 본원인은 충전 전압의 정규 동작 범위에 걸쳐, 전압에 따른 시간 지연의 상당한 변화 및 전압에 따른 변화가 두 회로 모두에 대해 거의 동일함을 확인하였다. 따라서, 병렬 충전된 두 충전 커패시터로 충전 전압은 방전의 상대 타이밍의 변화없이 넓은 동작 범위에서 변동될 수 있다.
- [0145] 펄스 전력 시스템에서의 전기 컴포넌트의 온도 제어는 온도 변동이 펄스 압축 타이밍(특히, 포화 인덕터에서의 온도 변화)에 영향을 미칠 수 있으므로 또한 중요하다. 그러므로, 설계목표는 온도 변동을 최소화하는 것이고 다른 연구법은 한 휠에서의 임의의 온도 변화가 다른 회로에서 중복되도록 MO 및 PA의 펄스 파워 컴포넌트를 매칭하는 것이고 또다른 연구법은 온도 감지 컴포넌트의 온도를 모니터링하고, 필요하다면, 보상하기 위해 트리거 타이밍을 조정하는 피드백 제어를 사용하는 것이다. 통상적인 리소그래피 광원 응용분야를 위해, 온도 변화를 회피하는 것은 실제적이지 못한 데, 이는 동작의 정상 모드가 펄스 파워 컴포넌트에서 커다란 온도 스윙을 제공하는 상기 버스트 모드이기 때문이다. 금지된 동작 이력으로 과거 타이밍 변동에 관한 이력 데이터에 기초한 조정을 하기 위해 인식 알고리즘으로 프로그래밍된 프로세서에 제어가 구비될 수 있다. 이력 데이터는 그후 레이저 시스템의 현재 동작에 기초하여 타이밍 변화를 예상하기 위해 적용된다. 전형적으로, 상대 온도 변화에 대한 조정은 연속 동작 동안 필요치 않게 되는 데 이는 피드백 제어가 동작 펄스 간격에 비해 상대적으로 저속인 온도 변동에 대한 자동적 보정을 행하기 때문이다. 그러나, 온도 변동에 대한 자동적 보정은 제1 펄스 또는 유희 주기를 뒤따르는 제1의 수 개의 펄스에 대해 중요할 수 있다.
- [0146] 트리거 제어
- [0147] 두 챔버의 각각의 방전의 트리거링은 미국특허 제6,016,325호에 설명된 것과 같은 트리거 회로를 위해 개별적으로 이용하여 달성된다. 이들 회로는 트리거와 방전간의 시간이 가능한한 일정하게 유지되도록 펄스 전력의 전기 컴포넌트에서의 온도 변화와 충전 전압에서의 변동을 보정하기 위해 타이밍 지연을 추가한다. 상기한 바와 같이, 두 회로는 기본적으로 동일하므로, 보정 후의 변동은 거의 동일하다(즉, 서로에 대해 약 2-5ns 이내이다).
- [0148] 도 6c,d 및 e에 지시된 바와 같이, 이 실시예의 성능은 전력 증폭기에서의 방전이 약 2-5ns 폭의 특정 윈도우 내에서 시작하고 마스터 오실레이터의 방전 후에 약 40 내지 50 ns 동안 발생하도록 시간이 정해지면 상당히 향상된다. 40 내지 50 ns 지연은 마스터 오실레이터에서 발전하는 레이저 펄스를 위해 수 나노초가 걸리고 및, 마스터 오실레이터로부터의 레이저 빔의 전방부가 증폭기에 도달하는 데에 필요한 또다른 수 밀리초가 걸리고 및 마스터 오실레이터로부터의 레이저 빔의 후방부가 전방부 보다 훨씬 협대역이기 때문이다. 개별 트리거 신호는 각각의 챔버에 대해 트리거 시스템(46)에 제공된다. 실제 지연은 도 6c,d 및 e에 도시된 바와 같은 실제 성능 곡선에 기초하여 소망하는 빔 품질을 달성하기 위해 선택된다. 지연은 통상적으로 최대효율위해 최적화되지만 다른 파라미터를 위해서도 최적화된다. 독자는 협대역폭 및 긴 펄스가 MO 트리거와 PA 트리거간의 지연을 증가 시킴으로써 펄스 에너지를 희생하고 획득될 수 있음을 알아야 한다. 도 6c에 도시된 바와 같이, 최대 레이저 효율(즉, 주어진 방전 전압 및 주어진 입력 펄스 에너지에서의 최대 출력)을 위해 타이밍 지연은 최적 시간 지

연의 약 2 내지 5 ns내 이어야 한다.

[0149] 방전 타이밍을 제어하기 위한 기타 기술

[0150] 방전의 상대적 타이밍은 도 6c,d 및 e 그래프에 지시된 바와 같은 빔 품질에 중요 영향을 미칠 수 있으므로, 추가 단계들이 방전 타이밍을 제어하기 위해 정당화될 수 있다. 예로서, 레이저 동작의 몇몇 모드는 충전 전압에서의 넓은 스윙 또는 인덕터 온도에서의 넓은 스윙이 되는 결과로 된다. 이들 넓은 스윙은 방전 타이밍 제어를 정교하게 할 수 있다.

[0151] 모니터 타이밍

[0152] 방전의 타이밍은 펄스-펄스 기준으로 모니터될 수 있고 시간 차는 스위치(42)를 닫는 트리거 신호의 타이밍을 조절하기 위해 피드백 제어 시스템에 사용될 수 있다. 바람직하게, PA 방전은 어떠한 레이저 빔도 PA에서 산출되지 않는다면 매우 열악한 타이밍이 될 수 있으므로 레이저 펄스 보단 방전 형광(ASE로 칭함)를 준수하기 위해 광전셀을 사용하여 모니터된다. MO를 위해 ASE 또는 시드 레이저 펄스가 사용될 수 있다. CP 커패시터(82)로부터의 신호는 두 챔버를 위한 방전의 상대 타이밍을 제어하기 위한 피드백 신호로서 사용될 수 있다. 바람직하게 클록 시간은 전압이 선택된 임계치를 초과하는 경우 피드백 계산에서 사용되어질 수 있다.

[0153] 바이어스 전압 조정

[0154] 펄스 타이밍은 도 5에 도시된 바와 같이 인덕터(48,54 및 64)를 위한 바이어스를 제공하는 인덕터(L_{B1} , L_{B2} 및 L_{B3})를 통하는 바이어스 전류를 조정함으로써 증가 또는 감소될 수 있다. 기타 기술이 이들 인덕터를 포화시키는 데에 필요한 시간을 증가시키는 데에 사용될 수 있다. 예로서, 코어 재료는 펄스 타이밍 모니터로부터의 피드백 신호에 기초하여 제어된 피드백일 수 있는 초고속 응답 PZT 요소와 기계적으로 분리될 수 있다.

[0155] 조정가능한 기생 로드

[0156] 조정가능한 기생 로드는 CO들의 펄스 파워 회로 다운스트림중의 하나 또는 모듈 모두에 추가될 수 있다.

[0157] 추가의 피드백 제어

[0158] 충전 전압 및 인덕터 온도 신호는 펄스 모니터 신호에 추가하여, 상기한 트리거 타이밍의 조정에 추가하여 상기한 바와 같이 바이어스 전압 또는 코어 기계적 분리를 조정하기 위해 피드백 제어에 사용될 수 있다.

[0159] 버스트 유형 동작

[0160] 타이밍의 피드백 제어는 레이저가 연속적 기준으로 동작하는 경우 비교적 용이하고 효과적이다. 그러나, 본원에 설명된 MOPA 레이저 시스템 리소그래피 레이저 광원은 다수의 웨이퍼의 각각의 다이 스폿을 가공하기 위해 다음과 같은 버스트 모드에서 동작한다.

[0161] 웨이퍼를 제위치로 이동시키기 위해 1분 동안 오프상태에 둬.

[0162] 영역 1을 조명하기 위해 0.2초 동안 4000Hz로 함.

[0163] 영역 2로 이동시키기 위해 0.3초 동안 오프상태에 둬.

[0164] 영역 2를 조명하기 위해 0.2초 동안 4000Hz로 함.

[0165] 영역 3으로 이동시키기 위해 0.3초 동안 오프상태에 둬.

[0166] 영역 3을 조명하기 위해 0.2초 동안 4000Hz로 함.

- [0167]
- [0168] 영역 199를 조명하기 위해 0.2초 동안 4000Hz로 함.
- [0169] 영역 200으로 이동시키기 위해 0.3초 동안 오프상태에 둠.
- [0170] 영역 200을 조명하기 위해 0.2초 동안 4000Hz로 함.
- [0171] 웨이퍼를 변경하기 위해 1분 동안 오프상태에 둠.
- [0172] 다음 웨이퍼상의 영역 1을 조명하기 위해 0.2초 동안 4000Hz로 함.

[0173] 따라서, 상기한 바와 같은 임의의 레이저 시스템에 대해, 데이터 셋트는 교정 시험으로부터 획득될 수 있고 이 데이터는 도 6k에 도시된 바와같은 그래프를 작성하는 데에 사용될 수 있다. 데이터는 또한 빈 값의 셋트를 산출하는 데 사용되어 방전 시간에 대한 트리거링은 측정 온도값 및 명령된 충전 전압을 기초로 결정될 수 있다. 또한 레이저의 동작 이력으로부터 인덕터 온도를 추론할 수도 있다. 본원인은 도 6k에 도시된 바와 같은 데이터가 두 개의 공지되지 않은 (1) 충전 전압 및 (2) 본원인이 $\delta(T)$ 라 칭하는 다른 파라미터에 대한 단일 알고리즘 상대 방전 횟수를 유도하기 위해 이용될 수 있다. 이 알고리즘으로, 레이저 조작자는 단지 평균 전압 및 방전 시간을 제공하는 수 셋트의 데이터를 수집할 수 있고, $\delta(T)$ 에 대한 값 및 이들 알고리즘에서의 수를 플러깅한다. 이 $\delta(T)$ 의 값은 알고리즘에 삽입되고 알고리즘은 그후 충전 전압의 함수로서 단지 방전 시간을 제공한다. 바람직한 실시예에서 이 $\delta(T)$ 의 값은 1000 펄스 간격으로 또는 동작 조건에 커다란 변경이 있을 때 마다 주기적으로 컴퓨터 프로세서에 의해 자동으로 갱신된다. 이 바람직한 실시예에서 알고리즘은 다음과 같은 형식을 갖는다:

$$MDt(V, \delta(T)) = \frac{\alpha}{V + \delta(T)v} + [\beta + \delta(T)b] + \gamma[V + \delta(T)v]$$

[0174] 여기서 $MDt(V,)$ 는 MO에 대한 방전 시간이고 α, β, γ, v 및 b 는 교정 상수이다.

[0176] 이 프로세스는 수 시간 동안 반복될 수 있지만, 1분 보다 긴 주기에 대해 시간-시간으로부터 인터럽트될 수 있다. 다운 시간의 길이는 MO 및 PA의 펄스 파워 시스템간의 상대 타이밍에 영향을 미치고 조정은 MO로부터의 시드빔이 소망 위치에 있는 경우 PA에서 방전이 일어나는 것을 보장하도록 트리거 제어에 필요로 될 수 있다. 도 1c에 나타나고 상기한 바와 같이, 각각의 챔버로부터 나오는 광의 타이밍 및 방전을 모니터링함으로써 레이저 동작은 최선의 성능을 달성하기 위해 트리거 타이밍(정확하게 2 내지 5ns 미만으로)을 조정할 수 있다.

[0177] 바람직하게 레이저 제어 프로세서는 타이밍 및 빔 품질을 모니터링하고 최선의 성능을 위한 타이밍을 조정하도록 프로그래밍된다. 다양한 동작 모드 셋트에 적용가능한 빈 값의 셋트를 발전시키는 타이밍 알고리즘은 본발명의 실시예에서 이용된다. 도 6k에 도시되고 상기한 바와 같이, 트리거와 방전간에 지연을 판정하기 위한 가장 중요한 두 파라미터는 펄스 파워 시스템의 포화 인덕터의 온도 및 방전 전압이다. 상기한 바와 같이, 이들 알고리즘은 장기간이 오프 후 동작의 재개와 같은 동작 모드의 변화가 있거나 반복을 또는 펄스 에너지에서 상당한 변화가 있는 경우 유용하다. 이들 알고리즘은 전류 펄스를 위한 타이밍 값이 하나이상의 이전 펄스(바로 이전 펄스와 같은)를 위해 수집된 피드백 데이터에 기초하여 설정되는 경우 연속 동작 동안 피드백 제어로 스위칭되도록 설계된다.

[0178] 지터 제어를 위한 바람직한 기술

[0179] 본원인은 지터 제어를 위한 여러 피드백 방법을 시험하였다. 이들 시험된 방법들은 피킹 커패시터 전압(즉, MO 및 PA를 위한 피킹 커패시터(82)상의 전압)을 이용하여 타이밍 신호에 기초한 피드백 제어를 포함한다. 이들 두 기술에 의해 획득된 $\delta(T)$ 는 도 6j에 도시되어 있다. Cp상의 전압의 사용에 기초한 바람직한 기술은 도 6j에 도시된 바와 같이 커패시터 뱅크상의 전압이 제로 전압을 크로싱하는 시간을 사용하는 것이다. 광 출력 기술에 대해 본원인은 탐지된 광 강도가 최대 강도의 약 10%와 등가인 임계치를 크로싱할 때의 시간을 이용하는 것을 선호한다.

[0180] 신호의 임의의 조합은 타이밍 제어를 위해 사용될 수 있다. 예로서, (1)MO Vcp 및 PA Vcp, (2) MO Vcp 및 PA

광 출력, (3) MO 광 출력 및 PA Vcp 및 (4)MO 광 출력 및 PA 광 출력. 본원인은 4번째 대안(즉, MO 광 출력 및 PA 광 출력)이 가장 일관된 결과를 산출하는, 바람직한 피드백 기술인 것으로 결정하였다. Vcp 신호를 이용하는 것은 F₂ 농도에 대해 큰 변화가 있으면 값에 대한 조정을(최선의 결과를 위해) 필요로 한다. 두 광 출력 신호 모두가 사용되는 경우 F₂ 농도에 대한 큰 변화에 대한 어떠한 보정도 필요치 않다. 이 개선은 조건이 타이밍 제어에 변경함에 따라 가장 바람직한 타이밍 지연을 연속적으로 탐색하는 것을 보장한다. 통상적인 MOPA 구성에 대해 도 6c에 도시된 바와 같이, 최대 레이저 효율(일정한 방전 전압에 대해 최대 레이저 출력)을 위한 최적 지연은 시간 지연이 39ns 인 경우 발생한다. ±10ns에서 그 효율은 약 70%로 하향된다.

[0181] 도 6i는 바람직한 제어 시스템의 타이밍 디더부의 간략화된 블록도 모델이다. 방해 신호(바람직하게는 임의의 펄스 길이의 정현파의 단일 주기)는 "디더 제너레이터"(700)에서 발생된다. 이 신호는 레이저가 피어됨에 따라 현재 지연 명령어의 최상부에 추가된다. 각각의 펄스로부터의 출력 에너지는 도 1에 도시된 바와 같이 스펙트럼 분석 모니터(9)의 모니터(702)에 의해 측정되고 디더 블록(700)에 피드백된다. 직교 적분이 디더 방해에 기인하여 에너지 응답의 부분을 추출하기 위해 수행된다. 704로 나타낸 바와 같이 방해 신호의 완전한 주기의 단에서, 명목 지연 명령어는 직교 적분에 따라 갱신된다.

[0182] 예로서, 지연 명령어는 명목적으로 35ns일 수 있다. 이것의 최상부에 1ns의 진폭과 10 펄스 주기를 갖춘 정현파가 추가될 수 있다. 10개 펄스의 단에서, 직교 적분은 출력 효율이 증가된 지연 시간에 따라 증대됨을 나타내고, 명목 지연은 이득 설정에 따라 증대되어지게 된다. 최적 지연에서 적분이 제로를 산출하는 경우, 어떠한 조정도 행해지지 않는다.

[0183] 수학적으로, 디더는 다음과 같이 수행된다.

[0184] 1. 명목 지연 명령어, Δt_0 ,는 지오메트리에 기초하여 예측된 최적 지연 값으로 설정된다. N-펄스 디더에 대해, 실제 지연 명령어는 명목 명령어와 정현파 요동의 합이다.

$$\Delta t(i) = \Delta t_0 + \varepsilon \sin\left(\frac{2\pi(i-1)}{N}\right) \quad i = 1..N$$

[0185] 2. 에너지 응답, E(i),는 N-펄스의 각각에 대해 기록된다.

[0187] 3. 방해와 응답간의 직교 적분은 이산합으로서 이행된다.

$$R = \sum_{i=1}^N E(i) \sin\left(\frac{2\pi(i-1)}{N}\right)$$

[0188] 4. 명목 지연 명령어는 이전 디더의 결과를 기초로하여 갱신된다.

$$\Delta t_0 = \Delta t_0 + k \times R$$

[0190] 바람직하게, 제1 디더 명령어는 하기와 같은 구성하에서: (N = 10 대신 3을 선택하는 것은 dE/dV 추정치에 대해 이전 시스템에서 사용된 2 펄스 디더 패턴을 산출), 항상 제로이다. 디더 신호의 진폭, ε ,은 출력에서 띄지 않도록 선택되어야 한다. 그것은 펄스-펄스 에너지 노이즈의 레벨 이하에서 숨겨질 수 있지만, 직교 적분을 통해 여전히 추출될 수 있다. 명목 값은 디더 동안 갱신되지 않는다. 그것은 고정되고 디더 방해가 완료된 후에만 갱신된다. 단계 4에서의 변동은 최대치를 향하여 이동되도록 하는 계단형상 방향을 결정하기 위해 R의 사인을 사용하게 된다. 디더 방해 레이저 오퍼레이터가 최적 값이 변경되는 것을 얼마나 신속하게 생각하느냐에 좌우되어, 연속적으로 또는 때때로 인가될 수 있다.

[0192] 레이저 출력없는 피드백 타이밍 데이터

[0193] 상기한 바와 같은 타이밍 알고리즘은 연속적 및 규칙적 반복 동작에서 매우 양호하게 작동된다. 그러나, 타이밍의 정확도는 레이저가 5분과 같은 비통상적인 주기 동안 오프인 후에 제1 펄스와 같은 비통상적 상황에 양호하지 않을 수 있다. 몇몇 상황에서 버스트의 제1의 하나 또는 두 펄스에 대한 비정확한 타이밍은 문제를 일으키지 않는다. 바람직한 기술은 레이저를 미리프로그램하여 MO 및 PA의 방전이 하나 또는 두 펄스동안의 시퀀스로부터 의도적으로 되어 MO로부터의 시드 빔의 증폭은 불가능하다. 상당한 레이저 출력을 발생시킴이 없이 피

드백 제어를 위한 타이밍 데이터를 획득하기 위한 기술은 다음 두 단락에서 설명된다.

[0194] 본원인의 시험

[0195] 본원인은 마스터 오실레이터 및 전력 증폭기의 방전의 상대 타이밍의 충격을 측정하기 위해 주의 깊은 실험을 행하였다. 이들 시험은 도 6f에 요약되어 있고 이 도면에서 본원인은 전력 증폭기의 출력 및 PA에서 증폭되고 MO로부터의 라인 내로우잉된 출력(또한 밀리주올로)으로부터의 증폭되고 스티플레이트된 방사선(ASE)의 펄스 에너지(밀리주올로)를 플롯으로 나타내었다. 방전 신호의 시작은 시간 선택된 임계치가 초과되었는 지를 결정하기 위해 각각의 챔버로부터 출력된 광을 모니터링하는 MO 및 PA에서의 광전셀로부터 취해진다. 도 6f에 플롯된 시간 값은 도 6f1에 디스플레이되어 있다. 독자는 ASE의 에너지 스케일이 라인 내로우잉된 출력의 그것보다 작음을 알아야 한다.

[0196] 리소그래피 고객 사양서는 ASE가 라인 내로우잉된 레이저 출력의 매우 작은부분일 것을 요구한다. 전형적인 사양서는 30 펄스 윈도우에 대해 라인 내로우잉된 에너지의 5×10^{-4} 배 보다 작을 것을 요구한다. 도 5에 도시된 바와 같이, ASE는 협대역 펄스가 최대인 경우; 즉, 이 경우 MO 방전이 PA 방전을 25와 40ns 사이만큼 앞서는 경우, ASE는 실질적으로 제로이다. 그렇지않으면, ASE는 중요하게 된다.

[0197] 상기한 바와 같이, MO 및 PA 펄스 파워 회로는 약 2ns 미만의 타이밍 정확도로 트리거링될 수 있고 따라서 두 개의 펄스 파워 회로에 대한 양호한 피드백 정보로, MO 및 PA는, 라인 내로우잉된 에너지가 최대로 되고 ASE는 크지않은 범위내에서 방전된다. 그러므로, 양호한 피드백 제어에 의한 연속 동작을 위해, 두 시스템에 대한 제어가 비교적 용이하다. 그러나, 이들 레이저의 전체 동작은 상기한 바와 같은 버스트 모드 동작이다. 그러므로, 버스트의 제1 펄스는 나쁜 결과를 발생시킬 수 있는 데 이는 임의의 피드백 데이터가 매우 구식 데이터이고 전기 컴포넌트에서의 온도 변화는 이들의 응답에 영향을 미칠 수 있다.

[0198] 피드백 타이밍 데이터를 수집하기 위한 기타 기술

[0199] 한 해결책은 최신 타이밍 데이터가 획득될 수 있도록 각각의 버스트 이전(○마도 클로우즈된 레이저 셔터로)에 시험 펄스를 개시시키는 것이다. 이 해결책은 셔터 클로우징 및 개방광 연관된 지연을 포함하는 여러 이유로 바람직하지 않다.

[0200] 양호한 해결책은 두 챔버가 선택된 상대 횡수로 방전하도록하여 MO의 출력에 대해 어떠한 증폭도 없게되도록하는 해결책이다. 도 6f로부터 제로 협대역 출력은 MO의 트리거링 이전 보다 약 20ns 일찍 또는 MO의 트리거링 후 약 70ns 보다 뒤에 PA를 트리거링시킴에 의한 결과로 생긴다. 두 상황에서 ASE는 두 방전의 타이밍이 최대 출력을 위해 선택된다면 약 25mJ의 펄스 에너지와 비교하여 약 0.15mJ이다. 본질적으로 제로 출력 방전을 위한 본원인의 바람직한 타이밍은 MO의 트리거링 이후 적어도 110ns에서 PA를 트리거링시킨다. 양호한 타겟은 예를 들어 MO의 트리거링 이전 100ns 또는 MO의 트리거링 이후 200ns에 PA를 트리거링시킨다.

[0201] 한 실시예에서 이전 펄스 이후 일부 이상이 경과되면, PA는 MO의 방전 후 200ns에서 방전된다. 그렇지않으면 PA는 소망하는 펄스 에너지를 발생시키기 위해 상기한 바와 같이 최근 피드백 데이터를 이용하여 MO가 방전된 후 30 내지 50ns에서 방전된다. 이 기술은 타이밍 데이터를 수집할 것으로 요구하고, 피드백 보정이 트리거링과 방전 사이의 임의의 타이밍 변화에 대해 행해진다. 방전은 상기한 바와 같이 PA 및 MO에서의 선택된 임계치 발생된 ASE 광을 넘는 방전을 광전셀에 의해 탐지된다. 다른 기술에서 이전 펄스 이후 일부 이상이 경과되면, MO는 PA가 방전된 후 40ns에 방전된다. 이전과 같이, 타이밍 데이터는 수집되어 방전이 최대치 또는 소망하는 협대역 출력 및 최소 ASE를 산출해야만 하는 경우 챔 펄스 발생에 후속하여 방전하는 것을 보장하기 위해 사용된다.

[0202] 따라서, 일분의 유희 시간 이상 후 각각의 버스트의 제1 펄스는 실질적으로 제로 라인 협소화된 출력 및 ASE의 매우 작은 양을 산출한다. 본원인은 적어도 30 펄스의 펄스 윈도우에 대한 ASE는 집적된 협대역 에너지의 2×10^{-4} 미만으로 된다. 본 바람직한 레이저에서 펄스는 초 당 4000펄스 이상이므로, 펄스의 버스트의 시작부에서 단일 펄스의 손실은 레이저 사용자에게 대해 문제가 될 것으로는 예상되지 않는다.

[0203] 변동

[0204] 여러 수정사항이 마찬가지의 결과를 달성하기 위해 개괄적인 이상으로 프로세저에 대해 행해질 수 있다. 코스

에 도시된 30초 타겟값과 같은 시간 값은 최선 결과를 제공하도록 선택되어야 한다. 1분은 수 밀리초만큼 작을 수 있어서 각각의 버스트의 제1 펄스는 폐기된다. 상기 참조된 제1 기술에서, 110ns 시간 주기는 약 70ns 로 짧아질 수 있고 제2 기술에서 40ns 시간 주기는 약 70ns 로 짧아질 수 있다. 프로그램은 각각의 버스트의 시작에서 또는 확장된 유희 주기를 뒤따르는 각각의 버스트의 시작에서 어떤 출력 방전도 없는 두 개 또는 여러개에 대해 공급되도록 수정될 수 있다. P-셀 출력 임계치 이외의 파라미터는 방전 시작의 횟수를 결정하는 데에 사용될 수 있다. 예로서, 피킹 커패시터 전압이 모니터링될 수 있다. 방전 시작 후 급작스런 전압 강하는 방전의 시작 시간으로서 사용될 수 있다.

[0205] 펄스 및 도우즈 에너지 제어

[0206] 펄스 에너지 및 도우즈 에너지는 상기한 바와 같은 알고리즘 및 피드백 제어 시스템으로 제어된다. 펄스 에너지 모니터는 리소그래피 툴에서 웨이퍼에 가까운 레이저에 있을 수 있다. 이 기술을 이용하여 충전 전압은 소망 펄스 에너지를 산출하기 위해 선택된다.

[0207] 본원인은 이 기술이 타이밍 지터 문제를 매우 감소시키고 양호하게 동작함을 알았다. 이 기술은 그러나 레이저 조작자의 능력을 PA와 무관하게 MO를 제어할 수 있을 정도로 감소시킨다. 그러나 각 유닛의 성능 최적화를 위해 개별적으로 제어될 수 있는 다수의 MO 및 PA의 동작 파라미터가 있다. 이들 기타 파라미터는, 레이저 가스 압력, F₂ 농도 및 레이저 가스 온도를 포함한다. 이들 파라미터는 두 챔버의 각각에서 독립적으로 제어되고 프로세서 제어 피드백 장치로 조절된다.

[0208] 가스 제어

[0209] 본원의 바람직한 실시예에서 도 1에 도시된 가스 제어 모듈을 갖고 이것은 적당량 양의 레이저 가스로 각각의 챔버를 채우도록 구성된다. 바람직하게 적절한 제어 및 프로세서 장비가 소망하는 레벨의 일정한 양으로 레이저 가스 농도를 유지하기 위해 가스를 각각의 챔버내로의 연속 흐름을 유지시키거나 플루오르를 주기적으로 중비하기 위해 제공된다. 이것은 미국특허 제6,028,880호, 제6,151,349호 및 제6,240,117호(본 명세서에 모두 참조됨)에 설명된 것과 같은 기술을 사용하여 달성된다. 한 실시예에서 약 3kPa의 플루오르 가스(예를들어, ArF 레이저에 대해 1.0% F₂, 3.5% Ar 및 나머지는 네온으로 된)가 각각의 챔버의 각각의 10 백만 펄스에 추가된다.(4000Hz 연속 동작에서 이것은 각각 대략 42분인 주입에 해당한다.) 주기적으로, 레이저는 셧다운되고 각 챔버의 가스는 소개되며 챔버는 신선한 가스로 채워진다. 재채움은 ArF에 대해 약 100,000,000 펄스이고 KrF에 대해 약 300,000,000 펄스이다.

[0210] 본원인이 그 바이너리 채움 기술이라 칭하는 레이저 가스를 챔버내부로의 연속 흐름을 제공하기 위한 다른 기술이 각각의 라인이 섷오프 밸브를 갖는 이전 라인의 흐름을 두 배로 될 수 있게하는 연속 라인 오리피스들 각각 갖는 다수의(5개) 채움 라인을 제공하는 것이다. 최하위 라인은 최소의 평형 가스 흐름을 허용하기 위해 오리피스가 형성된다. 대부분의 임의의 소망 흐름율은 개방되어야 할 밸브의 적당한 조합을 선택함으로써 달성될 수 있다. 바람직하게 버퍼 탱크는 레이저 챔버의 약 두 배의 압력으로 유지되는 레이저 가스 소스와 오리피스된 라인간에 제공된다.

[0211] 가스 주입도 충전 전압 레벨이 소정값에 도달하는 경우 자동적으로 행해질 수 있다. 이들 소정 레벨은 레이저 효율 시험의 수행에 의해 수립될 수 있거나 가스 재충진 동안 수행된 시험에 의해 수립될 수 있다. MO에 대해 소정 전압 레벨은 대역폭 및 효율성 트레이드오프를 기초로 수립될 수 있다.

[0212] 가변 대역폭 제어

[0213] 상기한 바와 같이, 본원의 바람직한 실시예는 종래 엑시머 레이저 대역폭 보다 좁은 레이저 펄스를 산출한다. 몇몇 경우에, 대역폭은 포커스의 매우 짧은 초점 깊이를 갖춘 초점을 부여하는 소망하는 것 보다 좁다. 몇몇 경우에, 양호한 리소그래피 결과가 큰 대역폭으로 획득된다. 그러므로 대역폭을 조정하기 위한 기술이 바람직하다. 그러한 기술은 본 명세서에 모두 참조된 미국특허 출원 제09/918,773호 및 제09/608,543호에 상세히 설명되어 있다. 이들 기술은 특정 리소그래피 결과를 위한 바람직한 대역폭을 결정하기 위해 컴퓨터 모델링의 사용을 포함하고 그후 소망 스펙트럼 형태를 시뮬레이팅하기 위한 펄스 버스트 동안 레이저 파장을 고속으로 변경

시키기 위해 도 16B1, 16B2에 도시된 PZT 튜닝 미러 제어로 이용가능한 초고속 파장 제어를 사용하는 것을 포함한다. 이 기술은 집적회로에서 비교적 깊은 홀을 산출하는 데에 유용하다.

[0214] 펄스 에너지, 파장 및 대역폭 제어

[0215] 집적회로 리소그래피에 사용된 종래 엑시머 레이저는 레이저 빔 파라미터에 대한 엄격한 규격에 종속된다. 이것은 펄스 에너지 및 대역폭의 피드백 제어 및 모든 펄스에 대한 펄스 에너지, 대역폭 및 중심파장의 측정치를 필요로 하였다. 종래기술 디바이스에서 펄스 에너지의 피드백 제어는 펄스-펄스 기준 즉, 각 펄스의 에너지는 최종 데이터가 바로 다음 펄스의 에너지를 제어하기 위해 제어 알고리즘에 사용될 수 있도록 충분히 고속으로 측정된다. 1,000Hz 시스템에 대해 이것은 다음 펄스에 대한 측정 및 제어는 1/1000 초 미만이 걸려야 한다. 4,000Hz 시스템에 대해 4배 고속일 것을 필요로 한다. 중심 파장 제어 및 파장 및 대역폭 제어를 위한 기술은 미국특허 제5,025,455호 및 제5,978,394호에 설명되어 있다. 이들 특허는 본원에 통합되어 있다. 추가의 파장 계 상세사항은 본원에 참조문헌으로 통합되고 공공출원 계류중인 제 10/173,190호에 설명되어 있다.

[0216] 본 바람직한 실시예를 위한 빔 파라미터의 제어는 출력 빔의 파장 및 대역폭이 마스터 오실레이터(10)의 상태에 따라 설정되고 반면에 펄스 에너지는 대부분 전력 증폭기(12)의 상태에 따라 결정된다는 점에서 종래의 엑시머 광원 설계와 상이하다. 바람직한 실시예에서, 파장 대역폭은 SAM(9)에서 측정된다. 대역폭을 측정하기 위한 SAM내의 이 장비는 참조된 특허문헌에 설명된 바와 같은 선형 다이오드 어레이 및 에탈론을 이용한다. 그러나 훨씬 작은 자유 스펙트럼 범위를 갖춘 에탈론이 더욱 양호한 대역폭 레졸루션 및 대역폭의 추적을 제공하기 위해 이용된다. 펄스 에너지는 LAM 및 SAM에서 이용되고 스캐너에서 모니터링된다. 펄스 에너지는 펄스 스트레처(12)의 다운스트림에서 모니터링될 수 있고, 각각의 경우 펄스 에너지를 이용하여 상기 참조된 특허문헌에 설명된 바와 같이 모니터링한다. 이들 빔 파라미터는 빔 트레인에서의 다른 위치에서 측정된다.

[0217] 펄스 에너지 및 파장의 피드백 제어

[0218] 상기한 바와 같이 각각의 펄스의 펄스 에너지의 측정에 기초하여, 후속 펄스의 펄스 에너지는 소망하는 펄스 에너지를 유지하고 본원에 참조된 엑시머 레이저를 위한 펄스 에너지 제어인, 미국특허 제 6,005,879호에 설명된 특정 수의 펄스에 의한 전체 통합 도우즈이다. 각각의 버스트의 각각의 펄스의 에너지는 펄스 스트레처(12) 및 이들 측정치가 펄스 및 도우즈를 제어하기 위해 사용된 후 광다이오드 모니터(623)에 의해 측정된다. 충전 전압에 의한 펄스 에너지의 충전율이 결정된다. 펄스 에너지 에러는 현재 버스트의 모든 이전 펄스에 대해 결정된다. 집적된 도우즈 에러는 이동 펄스 윈도우의 모든 이전 펄스(최근 30개 펄스와 같은)에 대해 결정된다. 다음 펄스에 대한 충전 전압은 펄스 에너지 에러, 집적된 도우즈 에러, 충전 전압 및 기준 전압에 따른 에너지의 변화율을 이용하여 결정된다. 바람직한 실시예에서, 전압에 따른 에너지의 변화율은 한번은 낮고 한번은 높은, 각각의 버스트의 두 펄스 동안 전압을 디터링함에 의해 결정된다. 기준 전압은 이전 에너지 및 전압 데이터를 이용하여 계산된 전압이다. 바람직한 실시예에서, 버스트의 맨 처음 부분 동안 기준 전압을 결정하는 방법은 버스트의 이후 부분 동안 사용된 방법과 상이하다. 각각의 펄스에 대해, 제1 셋트의 펄스동안(바람직한 실시예에선 40), 이전 버스트의 대응 펄스로부터의 전압 및 에너지 데이터를 이용하여 계산된 특정 전압은 타겟 펄스 에너지에 수렴하는 펄스 에너지를 산출하기 위해 필요한 전압의 예측치로서 이용된다. 펄스 41 및 그 이후 동안 각각의 펄스에 대한 기준 전압은 이전 펄스에 대해 규정된 전압이다.

[0219] 상기한 바와 같은 레이저의 중심 파장은 본원에 참조된 엑시머 레이저를 위한 파장 시스템인 미국특허 제 5,978,394호에 설명된 기술과 같은 종래기술의 기술 및 MO의 출력값에서 LAM에서의 파장의 측정값을 사용하여 사용하여 피드백 배열로 제어될 수 있다. 엑시머 레이저를 위한 파장 시스템은 본원에 통합되어 있다. 본원인은 튜닝 미러의 초고속 이동을 제공하기 위해 압전 구동기를 이용하는 파장 튜닝을 위한 기술을 최근 개발하였다. 이들 기술의 일부는 본원에 참조되고 2000년 6월 30일 출원된 레이저를 위한 대역폭 제어 기술인, 미국출원 제 608,543호에 설명되어 있다. 다음 단락은 이들 기술에 대한 기본 설명을 제공한다. 압전 스택은 레버 아암의 받침점의 위치를 조정한다.

[0220] PZT-스텝퍼 모터 구동 튜닝 미러 조합을 갖춘 새로운 LNP

[0221] 압전 드라이브를 갖춘 설계 상세사항

[0222] 도 3은 출력 레이저 빔의 펄스 에너지 및 파장을 제어하는 데에 주요한 레이저 시스템의 특징을 도시하는 블록 도이다. 이 경우 파장은 M0에 의해 제어되어 도 3에 도시된 레이저 챔버는 M0 챔버를 나타낸다.

[0223] 라인 협소화는 4개의 프리즘 빔 익스팬더(112a-112d), 튜닝 미러(114), 회절격자(10C3)를 포함하는 라인 협소화 유닛(110)에 의해 행해진다. 초협대역 스펙트럼을 달성하기 위해, 매우 큰 빔 확대는 이 라인 협소화 유닛에 사용된다. 이 빔 확대는 종래의 마이크로리소그래피 엑시머 레이저에 사용되는 20X-25X에 비해 45X이다. 또한, 전방(116a) 및 후방(116B) 애퍼처의 수평 사이즈는 종래의 3mm 및 2mm에 비해 적은 즉, 1.6 및 1.1mm로 만들어진다. 빔의 높이는 7mm로 제한된다. 이들 측정은 대역폭을 약 0.5pm(FWHM)로부터 약 0.2pm(FWHM)으로 감소시킬 수 있게 한다. 레이저 출력 펄스 에너지는 또한 약 5mJ로부터 1mJ로 감소된다. 이것은, 이 광이 10mJ의 소망 출력을 얻기 위해 증폭기에서 증폭되기 때문에, 문제를 나타내지는 않는다. 출력 커플러(118)의 반사도는 30%이고, 이것은 종래기술이 레이저와 매우 근사하다.

[0224] 도 3a는 바람직한 파장 튜닝 기술의 상세한 특징을 도시한다. 미러(14)의 위치의 큰 변화는 26.5 내지 1 레버 아암(84)을 통해 스테퍼 모터에 의해 산출된다. 이 경우 압전 드라이브의 단부에 있는 다이아몬드 패드(81)는 레버 아암(84)의 받침대에서 구형 톨 베어링을 접촉하도록 제공된다. 미러 장착부(86)와 레버 아암(84)의 최상부간의 접촉은 85로 나타낸 미러 장착부상에 (단지 두 개가 도시된) 장착된 4개의 구형 볼 베어링과 레버 아암상에 실린더형 도일 핀이 구비된다. 압전 드라이브(80)는 압전 장착부(80A)를 갖추어 LNP 프레임에 장착되고 스테퍼 모터는 스테퍼 모터 장착부(82A)를 갖추어 그 프레임에 장착된다. 미러(14)는 도 3에 그 하나가 도시된, 3개 알루미늄 구를 사용하여 3개 포인트 장착으로 미러 장착부에 장착된다. 3개 스프링(14A)은 구에 대해 미러를 유지하도록 압축력을 인가한다. 이 실시예는 LNP내부의 환경으로부터 압전 드라이브를 분리시키는 벨로우(캔으로서 기능함)를 포함한다. 이 분리는 압전 요소에의 UV 충격을 방지하고 압전 재료로부터 아웃-개싱에 의해 야기된 가능한 오염을 방지한다. 이디자인은 버스트의 맨처음의 30 밀리초 동안 약 5 내지 10 밀리초의 시간 주기에서 발생하는 파장 변화인 파장 "처프"를 보정하는 데에 성공적인 것으로 증명되었다.

[0225] 프리튜닝 및 액티브 튜닝

[0226] 몇몇 경우에 집적회로 리소그래피 머신의 조작자는 소정 기준으로 파장을 변경시키는 것이 바람직하다. 타겟 중심 파장(λ_T)은 고정된 파일 수 없지만 소정 패턴을 따라 소망하는 대로 또는 초기 이력 파장 데이터 또는 기타 파라미터를 이용하는 인식 알고리즘을 갱신함으로써 연속적으로 또는 주기적 결과로서 변경될 수 있다.

[0227] 적응성 피드포워드

[0228] 본원의 바람직한 실시예는 피드포워드 알고리즘을 포함한다. 이들 알고리즘은 공지된 버스트 동작 패턴에 기초한 레이저 조작자에 의해 코드화될 수 있다. 대안으로, 이 알고리즘은 적응성일 수 있고 따라서 레이저 제어는 상기 차트에 도시된 바와 같은 버스트 패턴을 탐지하고 시프트를 방지 및 최소화하기 위해 파장 시프트를 예상하여 미러(14)의 조정을 제공하도록 제어 파라미터를 수정한다. 적응성 피드포워드 기술은 하나 이상의 이전 버스트로부터의 데이터로부터 소프트웨어에서 주어진 반복율로 처프의 모델을 구축하고 처프의 효과를 반전시키도록 PZT 스택을 이용하는 것을 포함한다.

[0229] 처프 반전을 적절히 설계하기 위해, 두 피스의 정보가 필요하다: (1) PZT 스택의 펄스 응답, 및 (2) 처프의 형태. 각각의 반복율에 대해, PZT 스택의 펄스 응답에 의한 처프 파형의 디컨볼루션(적절한 사인으로)은 처프를 상쇄시킬 것이다. 이 연산은 반복을 집합에서로 동작에 대한 조사로 오프라인으로 행해질 수 있다. 데이터 시퀀스는 펄스 번호 및 반복율에 의해 인덱싱된 테이블에 저장될 수 있다. 이 테이블은 적응성 피드포워드 반전에 사용되는 적절한 파형 데이터를 추출하기 위해 동작 동안 참조될 수 있다. 또한 각각의 시점에 반복율이 변경되는 동작의 시작시에 수 버스트의 데이터를 사용하여 거의 실시간으로 처프 형태 모델을 획득하는 것이 가능하다. 처프 형태 모델, 및 가능하게는 PZT 펄스 응답 모델은 마찬가지로, 모델과 데이터간의 누적된 측정 오차

에 기초하여 N-버스트 마다 갱신(예로서, 응용됨)될 수 있다.

[0230] 펄스들로 이루어진 버스트의 시작에서 처프는 본원에 참조문헌으로 통합된 미국 출원 제 10/012,002호에 설명된 바와 같은 알고리즘 및 기술을 이용하여 제어될 수 있다.

[0231] 진동 제어

[0232] 바람직한 실시예에서 액티브 진동 제어는 진동에 의해 발생된 챔버로부터 결과인 역 충격을 감소시키도록 적용된다. 그 한 기술은 추가 제어 함수를 R_{max} 미러에 제공하기 위해 사용된 피드백 신호를 제공하도록 LNP 진동을 모니터링하기 위해 압전 로드 셀을 이용한다. 이 기술은 미국특허 출원 제 09/794,782호에 설명된다.

[0233] 기타 대역폭 측정 기술

[0234] 본원의 바람직한 실시예로부터의 레이저 빔의 대역폭은 종래 리소그래피 레이저에 비해 상당히 감소된다. 상기 단락에서 본원인은 종래 대역폭 측정 에탈론의 그것 보다 약 3배의 자유 스펙트럼 범위를 갖는 에탈론을 이용하는 기술을 설명하였다. 이 기술은 대역폭 측정의 정밀도를 대략 2배 증배시킨다. 그러므로, 상기 설명된 시스템에 의해 제공된 것 보다 대역폭 측정에서 더욱 큰 정확도를 제공하는 메트롤로지 시스템을 제공하는 것이 바람직하다. 그 한 방법은 본원에 참조된 "High Resolution Etalon Grating Spectrometer", 2001년 10월 31일 출원된 미국특허 출원 제 10/003,513호에 설명되어 있다. 대역폭 측정을 위한 기타 고 정확도 방법은 모두 전폭 반 최대치 및 95% 통합 대역폭은 테스트 장비로서 제공되거나 또는 레이저 컴포넌트로서 통합될 수 있다.

[0235] 펄스 스트레치

[0236] 집적회로 리소그래피 스캐너 머신은 제조하기 곤란하고 비용이 수백만 달러나되는 대형 렌즈를 포함한다. 이들 초고가 광학 컴포넌트는 고강도인 수십억개의 자외선 펄스로 인한 결과로 열화된다. 광학 손상은 레이저 펄스의 강도의 증가(즉 mJ/ns/cm^2 또는 cm^2 당 광 파워(에너지/시간))에 따라 증가하는 것으로 알려져 있다. 이들 레이저로부터의 전형적인 레이저 빔의 펄스 길이는 약 20ns이고 따라서 5 mJ 빔은 약 0.25mJ/ns의 펄스 파워 강도를 갖는다. 펄스 지속시간을 변경하지 않고 펄스 에너지를 10 mJ로 증가시키는 것은 종래 기술 ArF 레이저 시스템에 비해 이들 고가의 광학 컴포넌트의 수명을 상당히 감소시킬 수 있는 약 0.5mJ/ns로 펄스의 전력을 2배 증배시키게된다. 본원인은 스캐너 광학기구 열화를 감소시키는 약 20ns로부터 약 50ns로 펄스 길이를 상당히 증가시킴으로써 상기 문제를 최소화한다. 이 펄스 스트레칭은 도 1에 도시된 펄스 스트레치 유닛(12)으로 달성된다. 빔 스플리터(16)는 전력 증폭기 출력 빔의 약 60%를 4개의 포커싱 미러(20A, 20B, 20C, 20D)에 의해 생성된 지연 경로에 반사한다. 빔(14B)의 각각의 펄스의 40% 투과 부분은 빔(14C)의 대응 스트레칭된 펄스(13)의 제1 험프로 된다. 스트레칭된 빔(14C)은 빔 스플리터(16)에 의해 반사된 부분을 지점(22)에 포커싱하는 미러(20A)에 보낸다. 빔은 그후 확대되고 확대하는 빔을 병렬 빔으로 변환하는 미러(20B)로부터 반사되고 그것을 빔을 다시 지점(22)에 포커싱하는 미러(20C)에 보낸다. 이 빔은 미러(20B)와 같이 확대하는 빔을 병렬 빔으로 변경하고 그것을 다시 되돌려 빔 스플리터(16)에 보내는 미러(20D)에 의해 반사되고 여기서 제1 반사된 빔의 60%는 레이저 펄스의 제2 험프의 대부분이 되도록 하기 위해 출력 빔(14C)에서의 상기 펄스의 제1 투과부분과 완전히 일치되도록 반사된다. 반사된 빔의 40%는 빔 스플리터(14)를 투과하고 스트레칭된 펄스에서 추가의 작은 험프를 산출하는 제1 반사된 빔의 경로를 정확히 따른다. 그 결과는 약 20ns로부터 약 50ns까지의 펄스 길이로 스트레칭된 스트레칭된 펄스(14C)이다.

[0237] 본 실시예에 따른 스트레칭된 펄스의 형태는 시간에 따라 더욱 작게 감소하는 피크들인 제1의 두 피크를 갖춘 두 개의 큰 거의 동일한 피크(13A 및 13B)를 갖는다. 스트레칭된 펄스의 형태는 60% 이상 또는 이하를 반사하는 빔 스플리터를 이용하여 수정될 수 있다. 본원인은 약 60%를 반사하는 빔 스플리터는 "시간 집적된 자승" 펄스 길이인 또는 "TIS 또는 t_{IS} "로 알려진 파라미터에 의해 측정된 펄스의 최대 스트레칭을 산출한다. 이 파라미터의 사용은 홀수로 형성된 파워 대 시간 커브를 갖는 펄스의 유효 펄스 지속시간을 결정하기 위한 기술이다. 즉, TIS는 아래와 같이 정의된다.

$$t_{is} = \frac{(\int I(t)dt)^2}{\int I^2(t)dt}$$

[0238]

[0239]

여기서 $I(t)$ 는 시간의 함수로서 강도이다.

[0240]

빔 프로파일 및 발산 특성을 유지하기 위해, 지연 전달 경로를 통하는 빔은 단일 확대, 초점 텔레스코프로써 기능해야 하는 이미징 릴레이 시스템을 생성해야 한다. 그 이유는 엑시머 레이저 빔의 인트린직 발산에 의하기 때문이다. 빔이 이미징되지 않고 지연 경로를 통해 보내지면, 빔의 지연된부분은 그것이 빔 스플리터에서 재조합 되는 경우 오리지널 빔과는 상이한 사이즈로 된다. 펄스 스트레처의 초점 텔레스코프 기능 및 이미징 릴레이를 생성하기 위해 미러는 지연 경로의 길이에 의해 결정된 특정 반경의 곡선부로 디자인된다. 미러(20A 및 20D)간의 간격은 미러의 오목면의 곡선부의 반경과 같고 전체 지연 전달 경로의 1/4 이다.

[0241]

스트레칭된 펄스의 맨처음의 두 피크의 상대 강도는 빔 스플리터의 반사도를 변경시킴으로써 수정될 수 있다. 펄스 스트레처의 출력(TIS)은 빔 릴레이 시스템의 효율에 종속한다. 출력(TIS)은 빔 스플리터에서의 손실량 및 이미징 릴레이 미러의 반사도의 양에 종속한다. 빔 스플리터에서의 2%의 손실과 97%의 이미징 릴레이 미러 반사도를 위해, 최대 TIS 확대는 빔 스플리터의 반사도가 약 63%일 경우 발생한다.

[0242]

펄스 스트레처의 정렬은 4 이미징 릴레이 미러가 조정가능할 것이 요구된다. 두 조정가능 미러의 각각은 전체 4 자유도를 생성하는 틸/틸트 조정을 갖게된다. 두 조정가능 미러 시스템의 공동초점(cofocal) 디자인으로 인해 시스템의 대향 단부에 위치될 것이 필요하다. 이 실시예는 수동으로 정렬된다. 자기-정렬 펄스 스트레처를 생성하는 것은 4 자유도를 필요로 하는 자동 조정 및 피드백 정보를 정렬을 특징화하기 위해 제공할 수 있는 진단 시스템을 필요로 한다. 정렬 성능을 규정할 수 있는 이러한 진단 시스템의 디자인은 펄스 스트레처의 근거리 필드 및 원거리 필드 출력을 이미징할 수 있는 이미징 시스템을 필요로 한다. 두 평면(근거리 필드 및 원거리 필드)에서 오리지널 펄스로 서브-펄스의 오버레이를 검사함으로써 서브-펄스의 각각이 오리지널 펄스와 공동-선형(co-linear)방식으로 전파하는 출력을 생산하도록 미러를 자동으로 조정하기 위한 필요 정보를 갖게된다.

[0243]

릴레이 광학기구

[0244]

본 실시예에서 마스터 오실레이터(8)의 출력 빔(14A)은 출력 빔(14B)을 산출하기 위해 전력 증폭기(10)를 통하는 두 패스에 의해 증폭된다. 이를 달성하기 위한 광학 컴포넌트는 본원인이 명명한 3개의 모듈인, 마스터 오실레이터 파면 엔지니어링 박스 "MO WEB"(24), 전력 증폭기 파면 엔지니어링 박스 "PA WEB"(26) 및 빔 리버서"BR"(28)에 수용된다. 이들 3 모듈은 라인 협소화 모듈(8B) 및 출력 커플러(8A)와 함께 전력 증폭기(10)의 방전 챔버 및 방전 챔버(8C)와 독립적으로 단일 수직 광학 테이블상에 모두 장착된다. 음향 충격 및 팬 회전에 의해 야기된 챔버 진동은 광학 컴포넌트와 분리되어야 한다.

[0245]

마스터 오실레이터 라인 협소화 모듈 및 출력 커플러의 광학 컴포넌트는 본 실시예에서 일부 특허출원에 상세히 설명되고 발명의 배경 단락에 참조된 종래기술의 리소그래피 레이저 광원의 그것들과 실질적으로 동일하다. 라인 협소화 모듈은 리트로우 구성으로, 3 또는 4개 프리즘 빔 확대기, 초고속 응답 튜닝미러 및 회절격자를 포함한다. 출력 커플러는 KrF 시스템에 대한 출력 빔의 약 20% 및 ArF에 대해 약 30%를 반사하고 나머지는 통과시키는 부분 반사 미러이다. 마스터 오실레이터(8)의 출력은 라인 중심 분석 모듈(LAM;7)에서 모니터링되고 MO WEB(24) 내부로 전달된다. MO WEB(24)은 출력 빔(14A)을 PA WEB에 정밀하게 보내기 위한 정렬 컴포넌트와 전체 내부 반사(TIR) 프리즘을 포함한다. 도 3a에 도시된 바와 같은 TIR 프리즘은 고강도 자외 방사선하에서 열화시키는 반사 코팅을 필요로 하지 않고 90 퍼센트 이상의 효율로 레이저 빔을 90도 방향을 바꿀 수 있다. 대안으로, 내구성 고 반사 코팅을 갖춘 제1 표면 미러가 TIR 프리즘 대신에 사용될 수 있다.

[0246]

PA WEB(26)은 TIR 프리즘(26A) 및 레이저 빔(14A)을 전력 증폭기 이득 매체를 통하는 제1 패스에 보내기 위한 정렬 컴포넌트(도시되지 않음)를 포함한다. 대안으로, 고 반사 코팅을 갖춘 제1 표면 미러는 TIR 프리즘을 대체할 수 있다. 빔 리버서 모듈(28)은 프리즘과 같이 전체 내부 반사에 의존하고 따라서 어떠한 광학 코팅도 필요하지 않은 2-반사 빔 리버싱 프리즘을 포함한다. P-편광 빔이 입력되고 프리즘을 빠져나오는 면은 반사 레이저를 최소화하기 위해 브루스터의 각도로 방향지워지고, 프리즘이 거의 100% 효율이 되어지게 한다.

[0247]

빔 리버서 모듈(28)에서의 리버싱 후, 부분 증폭된 빔(14A)은 전력 증폭기 이득 매체를 통하는 다른 패스를 만

들고 전력 증폭기 출력 빔(14B)으로서 PA WEB(26)과 스펙트럼 분석 모듈(9)을 통해 빠져나간다. 이 실시예에서 전력 증폭기 를 통하는 빔(14A)의 제2 패스는 전력 증폭기 방전 챔버내에서 신장된 전극과 정렬된다. 제1 패스는 제2 패스에 대해 약 6 밀리라디안의 각도로 한 경로를 따르고 제1 패스의 제1 경로는 이득 매체의 두 단부 사이의 절반인 지점에서 이득 매체의 중심라인을 가로지른다.

[0248]

빔 확대 프리즘

[0249]

PA로부터 나오는, 빔의 플루언스는 시스템내의 어느 곳 보다 높다(작은 빔 사이즈 및 고 펄스 에너지로 인해). OPuS 모듈에서의 광학 코팅에 입사하는 그러한 고 플루언스가 발생하지 않도록 하기 위해, 코팅 손상이 될 수 있는 곳에, 빔 확대 프리즘은 PA WEB내부에 디자인된다. 4인 인수 만큼 수평 빔 폭을 증대시킴에 의해, 플루언스는 그 이전 레벨의 1/4로 감소된다.

[0250]

빔 확대는 20° 아펙스 각도를 갖춘 한 쌍의 동일 프리즘을 이용하여 달성된다.

프리즘은 ArF-급 칼슘 플루오라이드로 제조되고 코팅되지 않는다. 각각의 프리즘상에 68.6° 의 입사각을 이용하여, 4.0의 왜상 확대가 달성되고, 스 깡의 정규 편차 각은 제로이다. 4 면으로부터의 전체 프레넬 반사 손실은 약 12%이다.

[0252]

빔 전달 유닛

[0253]

본원의 바람직한 실시예에서 스캐너 머신(2)에 대해 특정된 필요조건을 만족하는 펄스된 레이저 빔은 스캐너의 광 입력 포트에 구비된다. 도1의 38로 나타낸 빔 분석 모듈은, 스캐너에 제공된 광이 소망하는 강도, 파장 및 대역폭이고 도우즈 및 파장 안정도와 같은 모든 품질 필요조건에 부합되는 것을 보장하기 위해, 유입 빔을 모니터링하고 피드백 신호를 레이저 제어 시스템에 제공하도록 스캐너의 입력 포트에 제공된다. 파장, 대역폭 및 펄스 에너지는 본원에 참조문헌으로 통합된 미국 특허출원 10/012,002호에 설명된 기술을 이용하여 4,000Hz까지의 펄스율에서 펄스간 기준으로 빔 분석 모듈내의 메티오롤로지 장비에 의해 모니터링된다.

[0254]

기타 빔 파라미터는 임의 소망 주파수로 모니터링되는 데 이는 편광, 프로파일, 빔 사이즈 및 빔 포인팅과 같은 기타 파라미터가 비교적 안정하기 때문이고, 파장, 대역폭 및 펄스 에너지 파라미터 보다 통상적으로 덜 빈번하게 모니터링된다.

[0255]

이 특정한 BDU는 빔 포인팅 변동에 대한 틸 및 경사 보정을 제공하도록 제어될 수 있는 두 개의 빔-포인팅 미러(40A 및 40B)를 포함한다. 빔 포인팅은 포인팅 미러에 포인팅에 대한 피드백 제어를 제공하는 BAM에서 모니터링될 수 있다. 바람직한 실시예에서 압전 드라이버는 7 밀리초 이하의 포인팅 응답을 제공하도록 제공된다.

[0256]

제어 알고리즘

[0257]

제조 라인에서 초고속, 고 에너지 레이저의 신뢰성 높은 시계방향 동작을 제공하도록 된 2 챔버 가스 방전 레이저에 대한 제어가 본원인에 의해 개발되었다. 이들 제어는 레이저 빔 품질 파라미터가 현재 최신 집적회로의 제조에 필요한 상세규격을 충족시키는 것을 보장하기 위해 특수하게 응용된 알고리즘을 포함한다. 이들 제어는: (1) 나노초 시간 정밀도에 의한, 펄스 에너지 제어 (2) 고속 및 초고속 파장 타이밍에 의한 정밀한 펄스-펄스 파장 제어 (3) 고속 응답 레이저 가스 온도 제어 및 (4) 신 인식 알고리즘에 의한 F2 주입 제어를 포함한다. 바람직한 레이저 시스템을 위한 이들 제어를 위한 알고리즘은 도 11a, 11b, 12,13 및 14를 참조하여 다 음단락에서 설명된다.

[0258]

펄스 에너지 제어

[0259]

상기한 바와 같이 이들 2-챔버에서의 펄스 에너지의 제어는 종래 기술의 단일 챔버 시스템의 에너지 제어와 약간 유사하다. 그러나, 2 챔버 시스템으로, 각각의 챔버에서의 방전의 정밀한 나노초 타이밍의 추가 임계 필요조건이 취급되어야 한다.

[0260]

타이밍 제어

- [0261] 바람직한 타이밍 제어 알고리즘이 도 11a에 700으로 도시되어 있고 본원인은 (1) 제1, 제2 및 제3 층들에 제어를 적용하고, (2) 각각의 연속층은 이전 층에 의해 보정되지 않은 문제를 해결하고, (3) 이전 층이 연속층에 대해 "알지 못하는" 방식으로 제어가 구현되도록 알고리즘을 설계하였다.
- [0262] 제어의 제1층에서 각각의 챔버에 대한 방전 타이밍은 업커밍 펄스에 대한 명령 전압에 기초하여 조정된다. 이것은 (상기한 바와 같이) 타이밍이 명령된 전압 크기에 의해 실질적으로 영향을 받기 때문이다. 702로 도시된 전압 설정 포인트는 지연 평가 공식을 통해 전달된다. 동일한 공식이 MO 및 PA를 위해 사용되지만 계수는 시험 결과에 따라 상이하다. 계산된 타이밍 보정은 MO 및 PA를 위한 표준 트리거 지연으로부터 감해진다.
- [0263] 제2 제어층에서 (상기한 바와 같이) 타이밍 지연이 일정한 펄스 파워 컴포넌트에서의 온도변화에 의해 실질적으로 영향을 받으므로 온도에 대해 적용된다. 실제 측정된 MO 및 PA 지연은 제1층에서 예측된 지연과 비교되고 조정 항은 측정 및 계산된 MO 및 PA 지연간의 에러를 감소시키기 위해 미래의 펄스를 위해 수정된다. 이득 조정은 저속 수렴을 제공하기 위해 설정된다.
- [0264] 제3 제어층에서 고속 보정은 MOPA 지연에서의 에러를 위해 적용된다. 측정된 MOPA 지연은 최대지연과 비교되고 MO 트리거에 대한 조정은 에러를 감소시키기 위해 704로 도시된 바와 같이 행해진다. 이 경우 이득은 고주파 장애의 증폭을 최소화하도록 적절하다. 큰 에러에 대해, 이득은 단일 스템에서 에러를 제거하도록 증가된다. 또한, 제3층에서 광출력을 위한 트리거사이의 시간은 측정되어 706으로 나타낸 에러를 감소시키기 위해 적용된 MO 및 PA 트리거에의 조정 및 타겟에 비교된다. 이득은 중간치이다.
- [0265] 에너지 제어
- [0266] 바람직한 에너지 제어 알고리즘(720)이 도 11b에 개괄되어 있다. 타이밍 알고리즘과 같이 이것 역시 3층이다.
- [0267] 제1층에서 전압은 722로 나타낸 바와 같이 에너지 타겟에서의 변화를 위해 조정된다. 에너지 타겟은 전압을 얻기 위해 dV/dE 에 의해 스케일링된다.
- [0268] 제2 제어층은 에너지 순시변화 및 오프셋을 보상한다. 반전파형은 버스트 순시변화가 예상되므로 버스트-버스트 기준으로 적용된다. 반전파형은 펄스의 버스트 동안(상기한 "슬로그 효과"를 포함하여) 순시변화 효과를 보상하기 위해 전압 보정치를 제공한다. 파형은 다수의 반복횟수 동안 유지되는 데 이는 본원인이 버스트 순시변화는 반복율로 상당히 변동할 수 있음을 알았기 때문이다. 또한 오프셋은 버스트간 간격을 기초로 적용된다. (이 특징은 시험을 위해 턴 오프될 수 있다).
- [0269] 반전파형은 레이저 가스가 초기 수 펄스에서(예, 약 50 내지 100 펄스) 방전 영역으로 복귀하는 경우 발생하는 리엔트리 슬러그 효과(상기한)를 상쇄시키기에 충분히 길다.
- [0270] 제3 제어층은 펄스-펄스 변동을 보상한다. 본원인은 적분 피드백 제어를 이용한다. (적분-적분 자승된 제어는 본원인에 의해 구현되었고 현재 QA 시험중에 있다). 제 3 제어층에서 서보-출력은 724로 나타낸 바와 같이 적응성 피드-포워드에 대한 에러로부터 감해진다. 따라서, 적응성 피드-포워드는 서보로부터 디커플된다. 제 3 제어층에서 고이득은 광대역 장애의 존재에서의 도우 에러를 최소화하는 것이 바람직하다. 그러나, 바람직한 알고리즘은 광대역 장애의 부존재에서의 시그마 제어를 위해 저이득으로 스위치한다.
- [0271] 파장 제어
- [0272] 파장 제어를 위한 바람직한 알고리즘은 도 12에 730으로 나타나 있다. 파장 제어를 위한 입력은 버스트에서의 펄스 번호(736), 타겟 파장(734) 및 측정 파장(도 1에 도시된 바와 같이 LAM 모듈(7)에서 측정된)이다. 출력은 LNP 스테퍼 모터(738) 및 PZT 전압제어(740)를 위한 명령이다.
- [0273] 스케블 이득은 PZT 제어 루프에서 이득을 결정하고 펄스 수에 기초한다. 프리드라이브는 파장 타겟에서의 변화에 기초하여 PZT 전압으로부터 가산 및 감산된다. 포화 적분기는 제어 루프의 심장이다. 그것은 그 입력을 매 사이클마다 내부 상태에 추가하고, 프로브는 진단 기능 제너레이터이고 교정을 위해 PZT를 이용한다. 피드-포워드 히스테리시스 보상은 PZT 액추에이터 히스테리시스를 설명하기 위한 프리드라이브 성능을 개선한다. 스테퍼 서버는 제2 액추에이터이고 그 주 목적은 PZT 명령 전압이 항상 그 범위의 중심 가까이에 있도록 스테퍼 모터 위치를 이동시키는 것이다.
- [0274] 가스 온도 제어
- [0275] 가스 온도 제어를 위한 바람직한 알고리즘이 도 13에 740으로 나타나 있다. 이 입력들은 측정 온도(742), 온도 명령(744) 및 평균 반복율(746)이다. 출력은 냉각 밸브 명령 밸브(747) 및 히터 명령(748)이다. 알고리즘은

2챔버에 대해 두 개의 독립적인 동일한 루프를 포함한다. 측정 가스 온도는 CAN 입력-출력 클러스터로부터 수신되고 밸브 및 히터 명령은 CAN 입력-출력 클러스터로 전송된다. 루프는 10Hz로 실행한다. 가스 온도 제어 블록은 온도 에러를 필터하는 이산 전달 함수이고, 그 입력을 매 사이클마다 그 내부 상태에 가산한다. 내부 상태는 구성가능한 임계치에 의해 제한된다. 반복율 피드-포워드 기술은 측정된 평균 반복율을 스케일링하고 고속 응답을 위한 냉각재 밸브 명령을 듀티 사이클 변경에 추가한다. 포화기술은 밸브 명령을 제한하고 히터 상태기는 냉각재 밸브 명령의 크기에 기초하여 히터의 상태(온/오프)를 명령한다.

[0276] F₂ 주입 제어

[0277] 바람직한 F₂ 주입 제어 알고리즘은 도 14에 750으로 나타내었다. 이 제어 기술로, 주입 타이밍은 샷카운트 및 활성 소비율 추정치(ACRE)를 기초로 한다. 종래기술 주입 알고리즘과는 달리 전압 변화 또는 dE/dV의 변화에 의해 결정되는 바와 같은 레이저 효율에서의 변화는 주입을 결정하는 데에 직접 이용되지 않는다. 그러나, 각각의 주입 사이클로부터의 정보는 많이 필터링되고 필터링된 정보로부터의 결과는 각각의 챔버에 대해 저속으로 변동하는 ACRE로 통합된다. 그들의 기술이 약 2 가스 수명에서 ACR의 매우 정확한 값으로 되는 결과가 됨을 알았다. (가스 수명은 챔버내의 오래된 가스가 펌핑아웃되어 신선한 가스에 의해 대체되는 경우, 가스 재채움간의 동작 시간이다). 두 가스 수명은 레이저 동작의 수 일과 등가인 약 200 백만 펄스이다. 챔버 노화에 따른 ACRE에서의 저속 변화는 추적된다.

if($[F_2]_{consumed} > [F_2]_{target}$)
do injection;

[0279] 레이저가 파이어됨에 따라, 현재 사이클에서 소비된 F₂ 양의 실행 추정치는 샷 카운트 및 경과 시간으로 계산된다:

[0280] [1]

$$[F_2]_{consumed} = \frac{(\text{shots since inject})}{1,000,000} \times \left(ACR \frac{[kPa]}{Mshot} \right) + (\text{hours since inject}) \times \left(PCR \frac{[kPa]}{hour} \right)$$

[0281]

[0282] 이 값은 현재 사이클 동안 소비될 F₂의 타겟 양과 비교되고, 타겟 양이 소비되면, 주입이 요구된다.

[0283] [2]

if($[F_2]_{consumed} > [F_2]_{target}$)
do injection;

[0284]

[0285] 기타 어떠한 로직도 F₂ 주입 결정에 입력되지 않는다. 이 알고리즘은 버스트 평균 전압(BAV)의 이동 평균(MA)를 추적하고 기준라인 효율에 대한 효율 손실(BAV 손실)을 모니터링한다. 동작 지점(OP 포인트) 변경을 탐지하여 응답한다. 그후 OP 포인트 변경에 기인하여 BAV 변화를 연산하고 다수의 버스트에 대해 새로운 BAV를 모니터링한다. 따라서 도 14에 도시된 바와 같이, 관측된 전압 변화에 기초한 기준 전압을 조정한다.

[0286] 특수 F2 레이저 특징

[0287] 상기 설명은 대부분 ArF 레이저 시스템에 적용되지만 대부분의 모든 특징은 업계에 공지된 기술로 최소한의 수정으로 KrF 레이저에 마찬가지로 적용될 수 있다. 본 발명의 F₂ 버전에 대해 약간의 중요한 수정이 필요하다. 이들 변경은 전력 증폭기의 다운스트림 또는 두 챔버간의 라인 선택기 및/또는 LNP의 위치에 있는 라인 선택기를 포함한다. 라인 선택기는 프리즘의 패밀리이다. 빔에 대해 적절히 위치된 투명 플레이트는 출력 빔의 편광

을 개선하기 위해 두 챔버간에 사용될 수 있었다. 디퓨저는 출력 빔의 코히어런스를 감소시키기 위해 두 챔버간에 추가될 수 있다.

[0288] **노이즈 감소**

[0289] 바람직한 실시예는 레이저 시스템을 위한 제어에서 노이즈 효과를 최소화하기 위한 4 개선사항을 포함한다. (1) 프로세서는 레이저가 파이어링하는 동안 약 5 마이크로초 동안 모듈간 링크로 데이터를 전송하는 것을 방지하도록 프로그램된다. (2) 도 1c에 도시된 CAN 시스템으로, 클러스터 컨트롤러는 센서 및 액추에이터에 위치되고 A-D 및/또는 D-A 컨버터를 포함하고 따라서 모듈간의 데이터 전송은 에러 탐지를 갖춘 직렬 디지털 형태일 수 있다. 디바이스 네트워크 보드를 포함하는 CAN 장비는 우드헤드 커넥티비티와 같은 공급자로부터 상용가능하다. (3) 프로세서는 또한 레이저가 파이어링하는 동안 D에서 A로의 변환을 방지하도록 프로그램될 수 있다. (4) 모듈간 링크는 실딩되고 트위스팅된 쌍을 이룬 컨덕터이다.

[0290] -----

[0291] 다양한 변형이 본발명의 범위를 벗어나지 않고 행해질 수 있다. 당업자는 다수의 기타 가능한 변형을 알 것이다.

[0292] ArF, KrF 또는 F₂ 리소그래피 시스템이 이용될 수 있다. 본 발명은 기타 자외선 파장이 필요로 될 수 있는 리소그래피외에도 이용될 수 있다. 레이저 시스템이 F₂ 레이저로서 구성되면 도 3에 부재번호 110으로 나타낸 라인 협소화 유닛은 하나이상의 프리즘 및 전반사 미러로 구성된 라인 선택 모듈로 대체될 수 있다. 본원의 주요 개선사항은 소망 빔 품질을 갖는 자외선 레이저 빔을 자외선 레이저 광원을 필요로 하는 장비의 입력 포트에 전달하기 위해 레이저 시스템의 장비를 추가하는 것이다. 본원에 참조된 이외의 다양한 피드백 제어 장치가 사용될 수 있다. 도 1의 6과 같은 방전 전달 유닛을 포함하는 레이저 시스템에 대해 두 개의 능동적으로 틸트-팁 미러는 출력 빔을 적절히 위치시키기 위해 피드백 장치로 제어된 상기 미러를 갖추어 도시된 바와 같이 추가될 수 있다.

독자는 고 펄스율로 펄스 에너지에 대한 피드백 제어는 바로 이전 펄스를 사용하여 특정 펄스의 펄스 에너지를 제어하기에 충분할 정도로 고속일 필요는 없다는 것을 알아야 한다. 예로서, 제어기술은 특정 펄스에 대해 측정된 펄스 에너지가 뒤따르는 제2 또는 제3 펄스의 제어에 사용되는 경우 제공될 수 있다. 도 1에 도시된 구성 이외의 대부분의 레이아웃이 사용될 수 있다. 예로서, 챔버는 나란히 장착될 수 있고 바닥부상에서 PA에 장착될 수 있다. 또한, 제2 레이저 유닛은 부분 반사 미러와 같은 출력 커플러를 포함하는 슬레이브 오실레이터로서 구성될 수 있다. 기타 변형도 가능하다. 탄젠셜 팬 이외의 팬도 사용가능하다. 이것은 4KHz 이상의 반복율에서 요구된다. 팬 및 열 교환기는 방전 챔버의 외부에 위치될 수 있다.

[0294] 따라서, 상기한 발명의 개시는 본발명의 범위를 제한하려는 의도가 아니며 첨부된 청구항 및 그 법적 등가물에 의해 결정되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 MOPA 레이저 시스템의 블록도.

[0036] 도 1a는 도 1 시스템의 절결도.

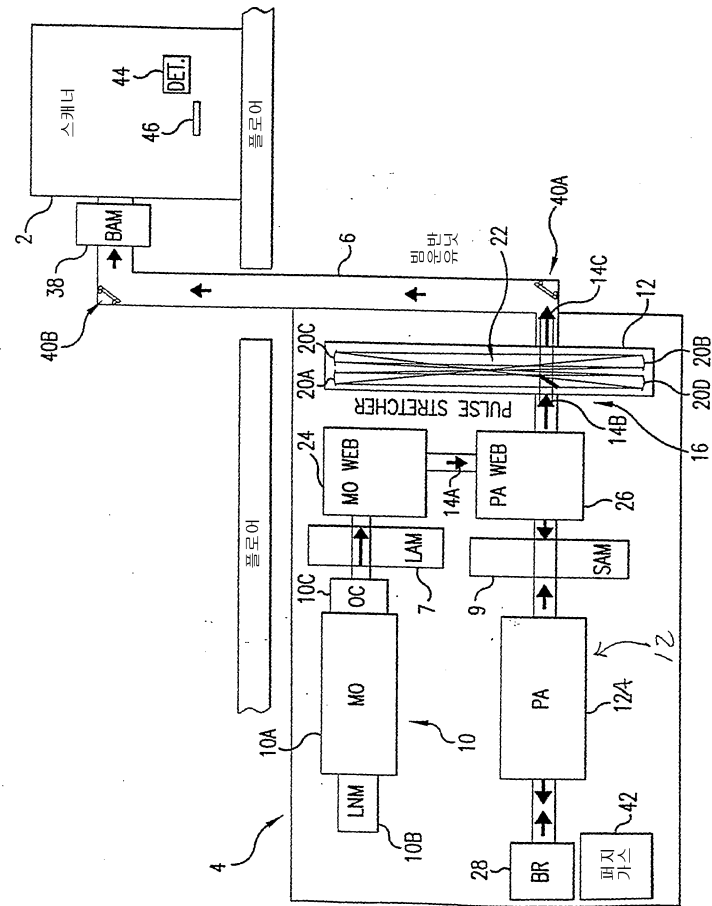
[0037] 도 1b는 레이저 컴포넌트를 위한 장착기술을 나타낸 도.

[0038] 도 1c는 MOPA 제어 시스템을 도시하는 블록도.

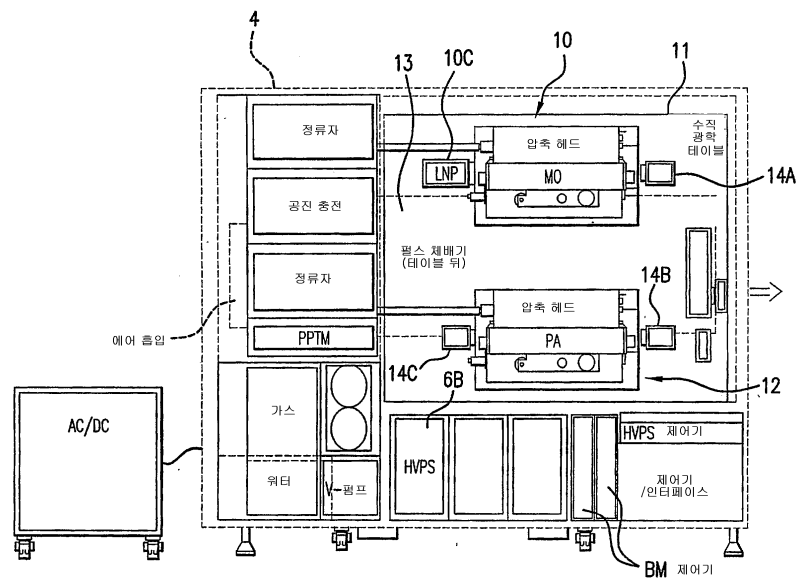
- [0039] 도 1d는 제어 시스템의 일부의 블록도.
- [0040] 도 2는 레이저 챔버의 단면도.
- [0041] 도 3은 협대역 레이저 오실레이터의 특징을 나타내는 개략도.
- [0042] 도 3a는 라인 내로우잉 유닛의 제어 특징을 나타내는 개략도.
- [0043] 도 4는 펄스 파워 제어 기술의 특징을 도시하는 블록도.
- [0044] 도 4a는 트리거 제어 기술의 결과를 나타낸 도.
- [0045] 도 5a는 펄스 파워 시스템의 펄스 압축회로의 회로도.
- [0046] 도 5b는 공진 충전기 시스템의 블록 다이어그램-회로도.
- [0047] 도 5c1, 5c2, 및 5c3는 MOPA 트리거 제어 기술의 특징을 나타낸 도.
- [0048] 도 6a1 및 6a는 다양한 전력 증폭기 구성 및 결과를 도시하는 도.
- [0049] 도 6b는 PA 입력 및 PA 출력간의 관계를 나타낸 도.
- [0050] 도 6c, 6d, 6e 및 6f는 MO 방전과 PA 방전간의 시간 지연에서의 변동 효과를 나타낸 도.
- [0051] 도 6f1은 시간 지연을 그래픽으로 나타낸 도.
- [0052] 도 6g는 에너지 제어 기술의 엘리먼트를 나타낸 도.
- [0053] 도 6h는 트리거 제어 기술을 나타낸 도.
- [0054] 도 6i는 피드백 타이밍 제어 기술을 나타낸 도.
- [0055] 도 6j는 MOPA 시스템에서 광출력과 Cp상의 전압간의 관계를 나타낸 도.
- [0056] 도 6k는 타이밍에 따른 인덕터 온도의 효과를 나타낸 도.
- [0057] 도 7, 7a, 8, 9, 9a 및 9b는 펄스 파워 컴포넌트 및 이들을 냉각시키기 위한 기술을 나타낸 도.
- [0058] 도 10 및 10a는 펄스 변압기의 특징을 나타낸 도.
- [0059] 도 11a 및 11b는 펄스 에너지 제어 알고리즘을 설명하는 도.
- [0060] 도 12는 파장 제어 알고리즘을 설명하는 도.
- [0061] 도 13은 레이저 가스 온도 제어 알고리즘을 설명하는 도.
- [0062] 도 14는 F₂ 주입 제어 알고리즘을 설명하는 도.

도면

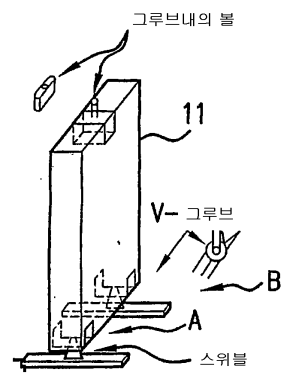
도면1



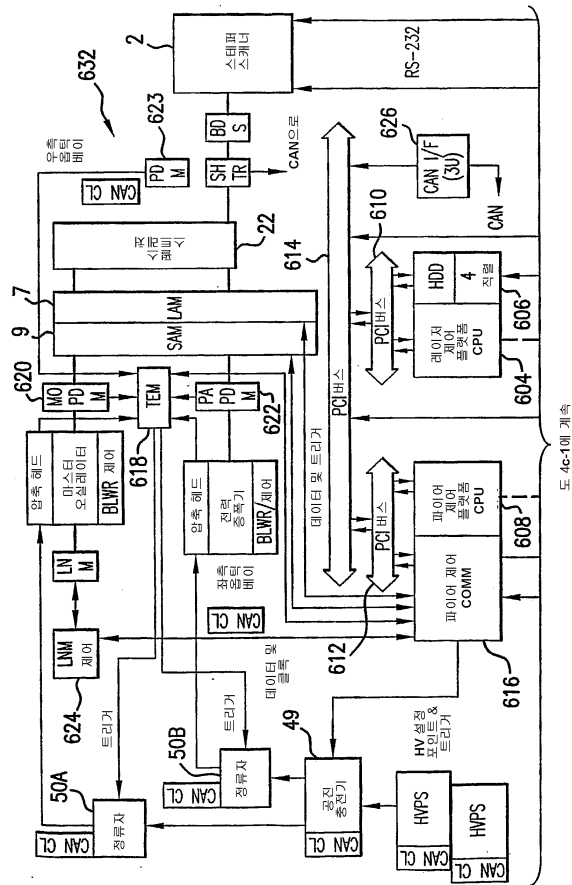
도면1a



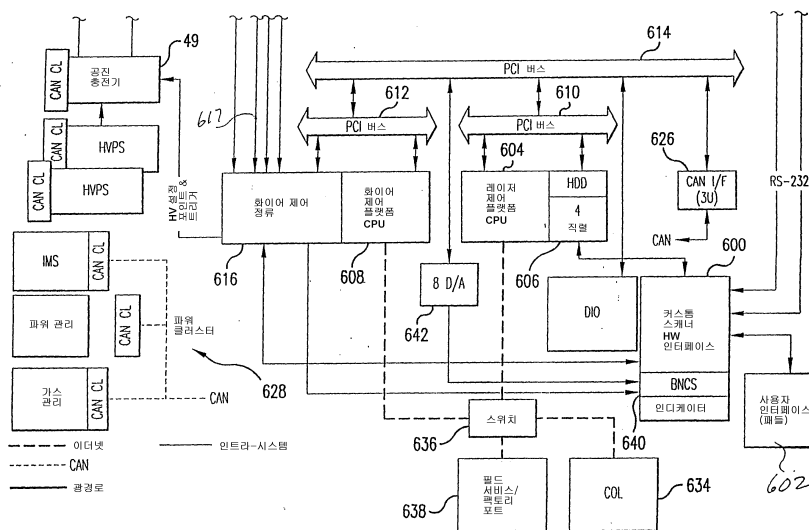
도면1b



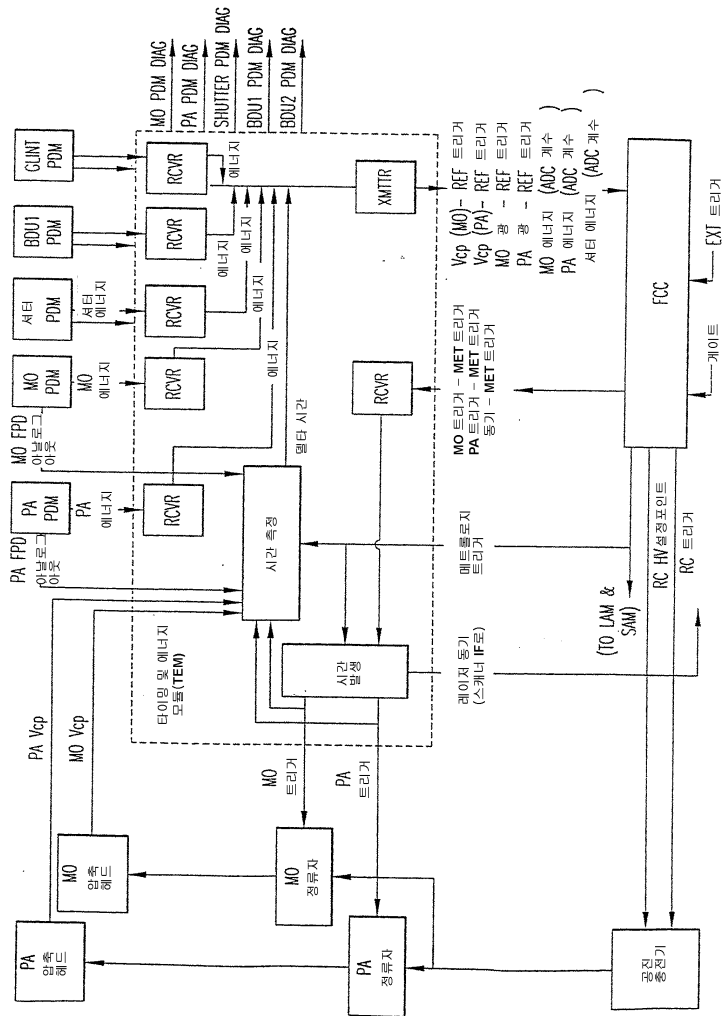
도면1c-1



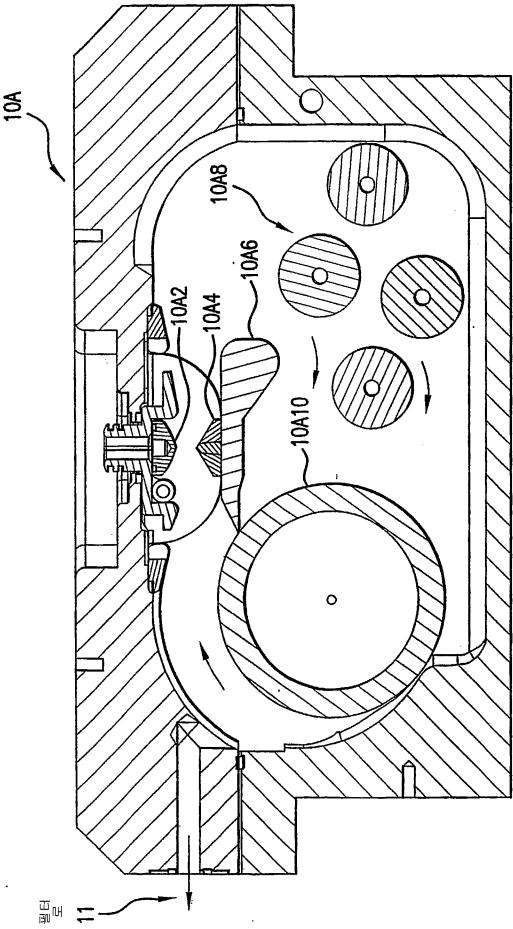
도면1c-2



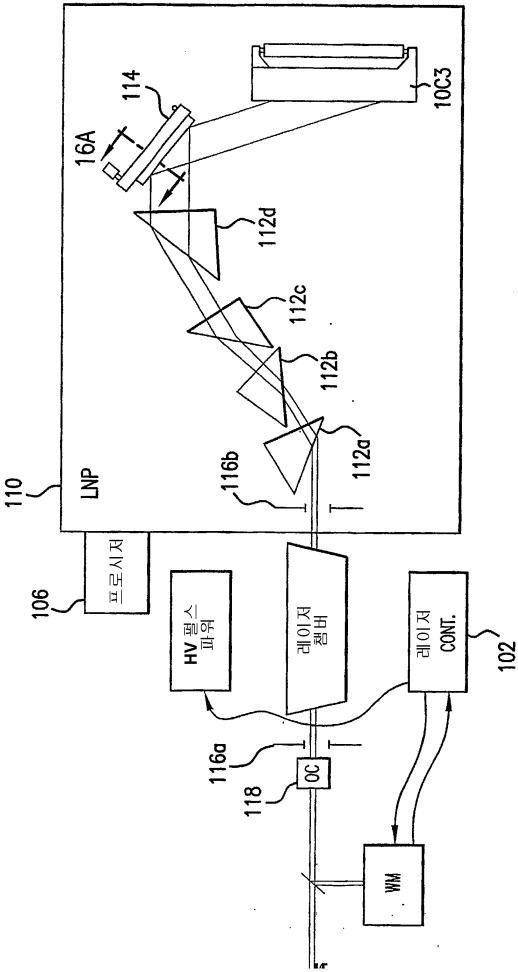
도면1d



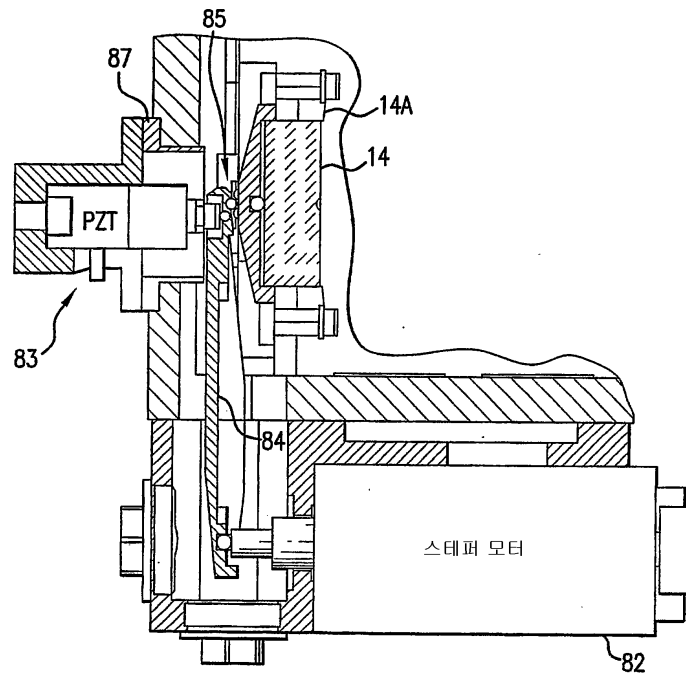
도면2



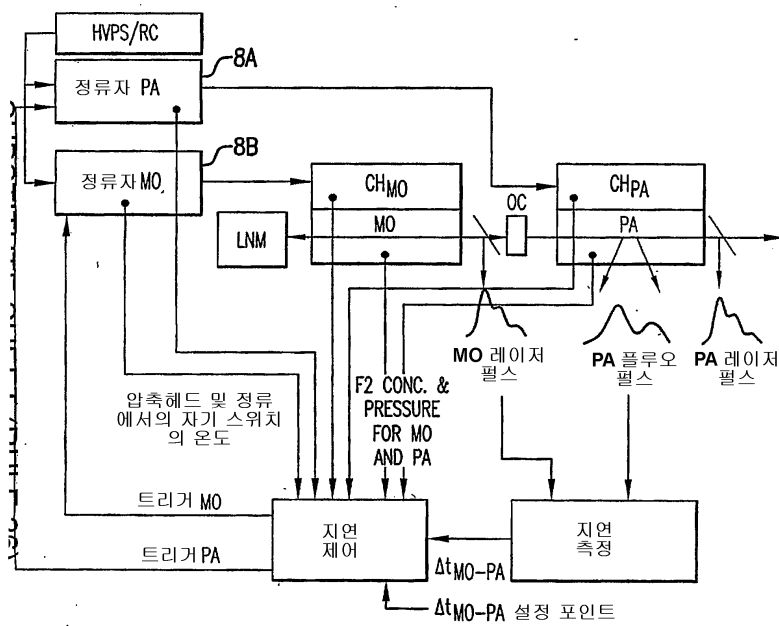
도면3



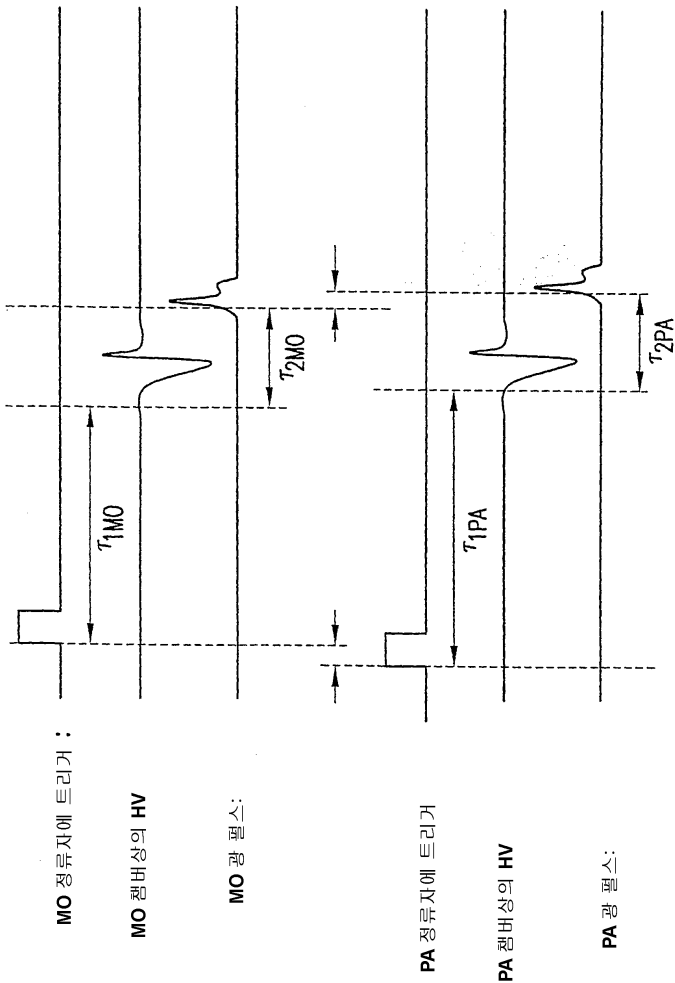
도면3a



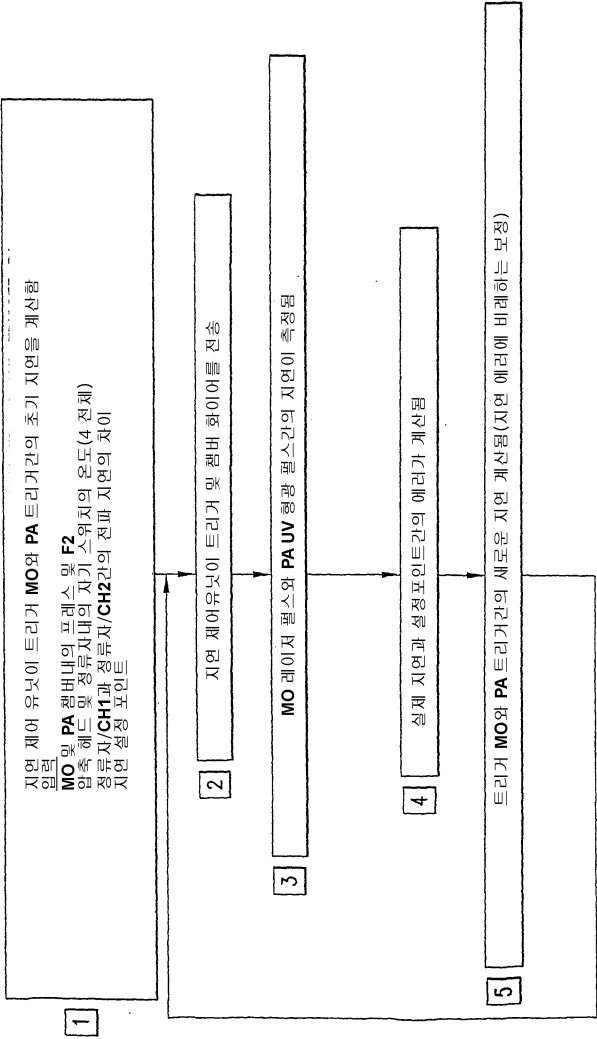
도면4



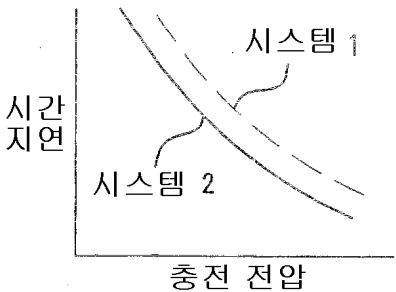
도면4a



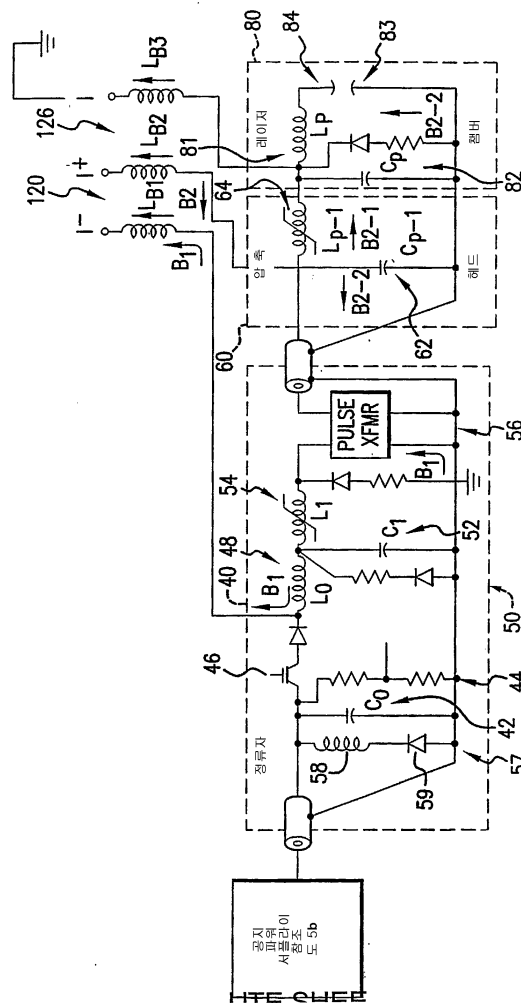
도면4b



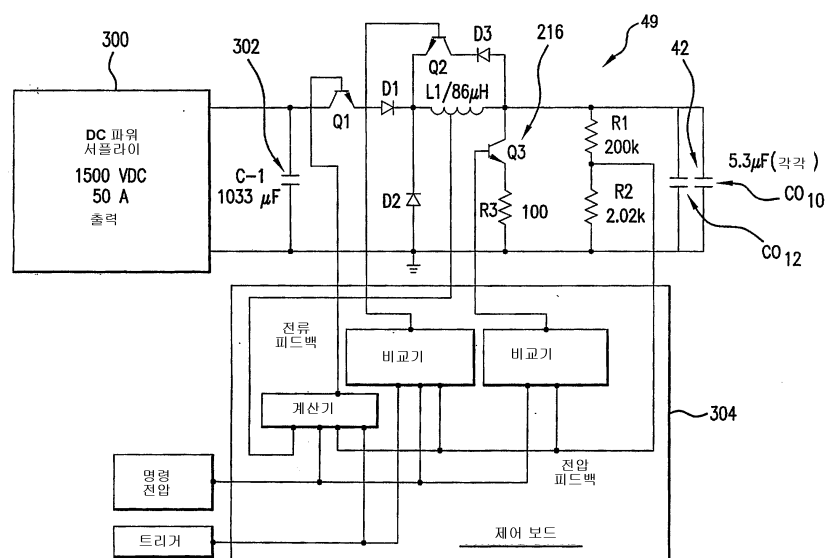
도면4c



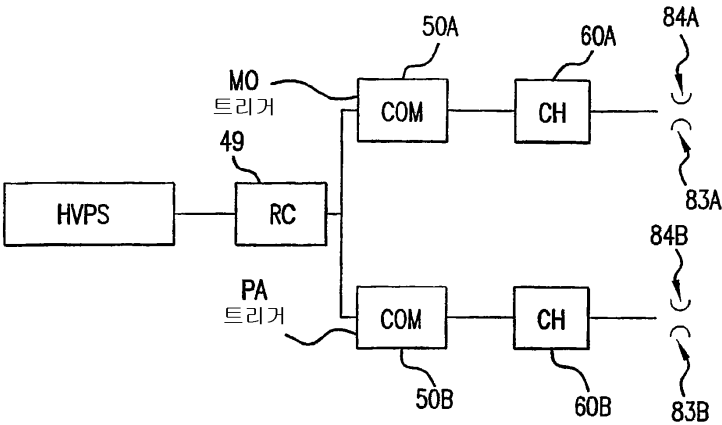
도면5a



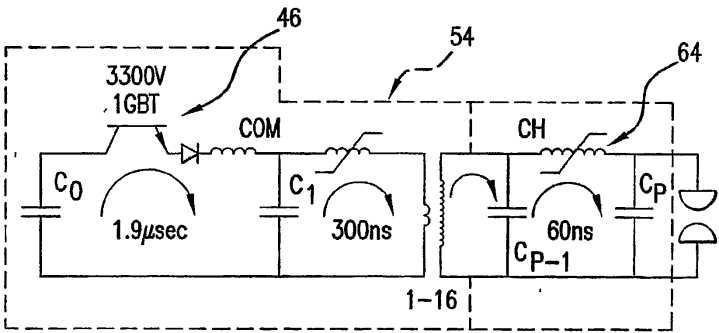
도면5b



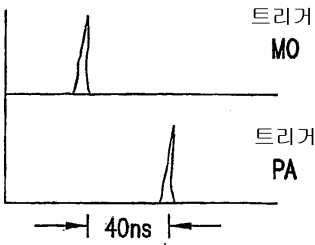
도면5c1



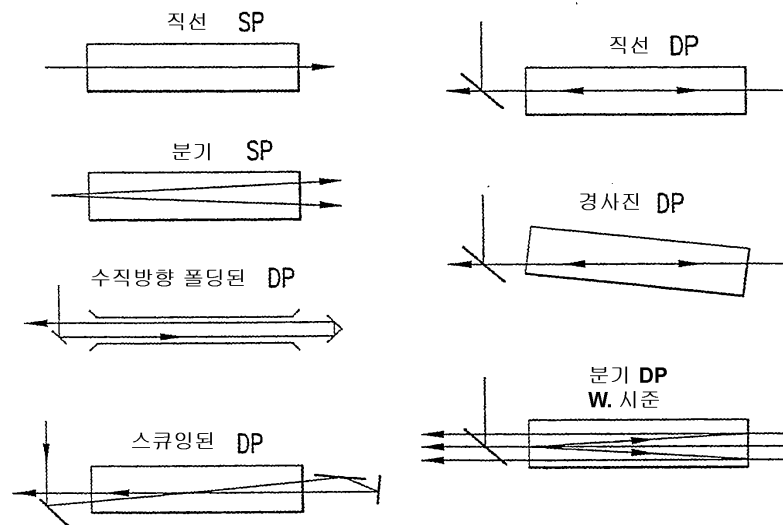
도면5c2



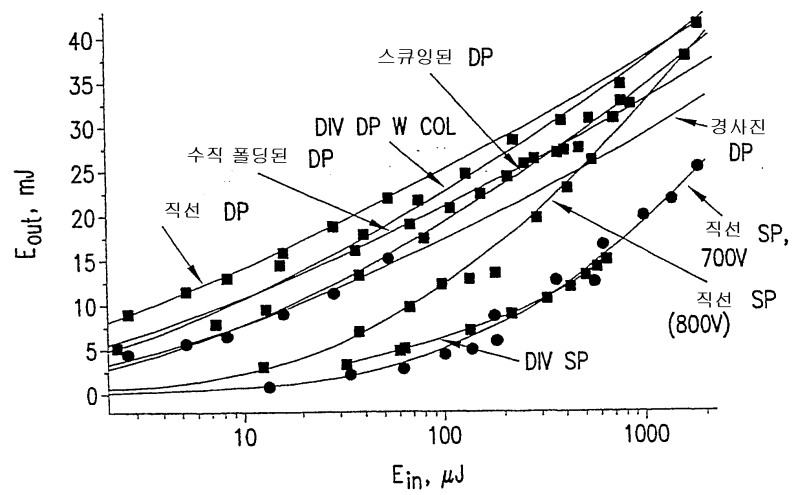
도면5c3



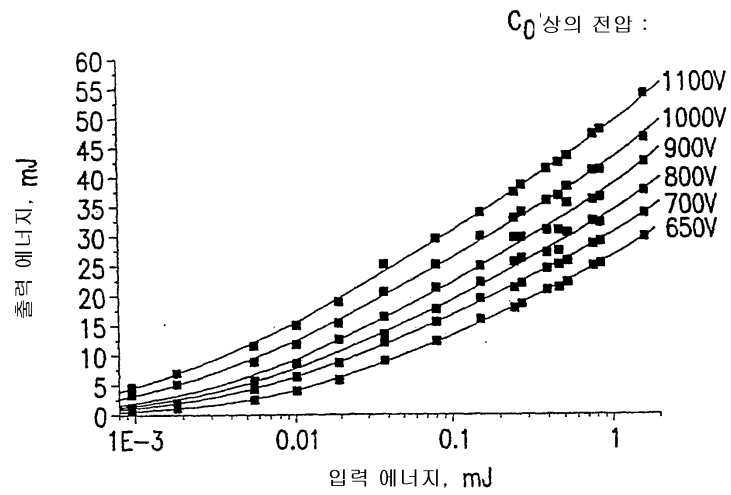
도면6a1



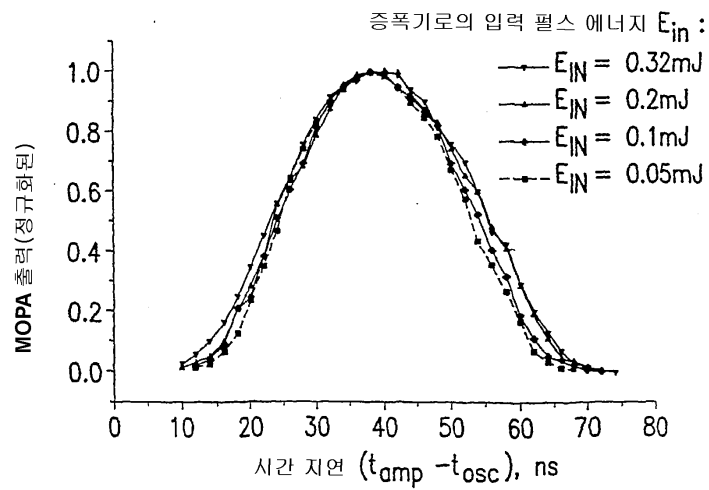
도면6a2



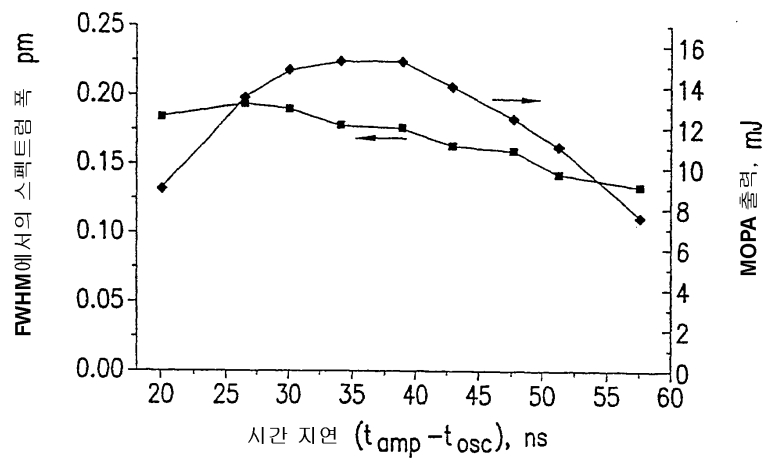
도면6b



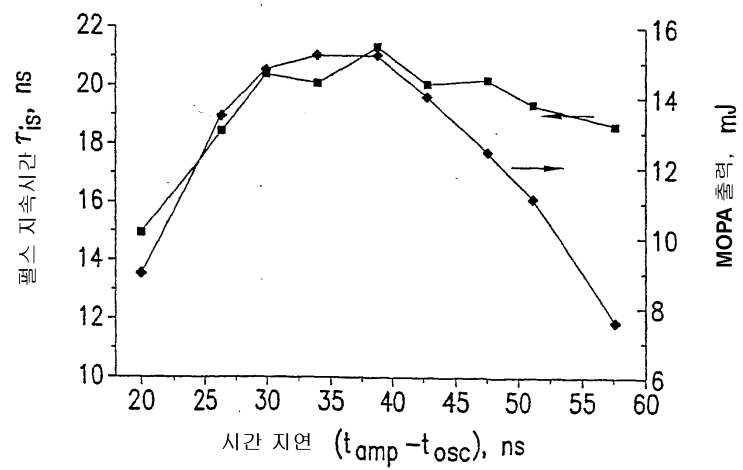
도면6c



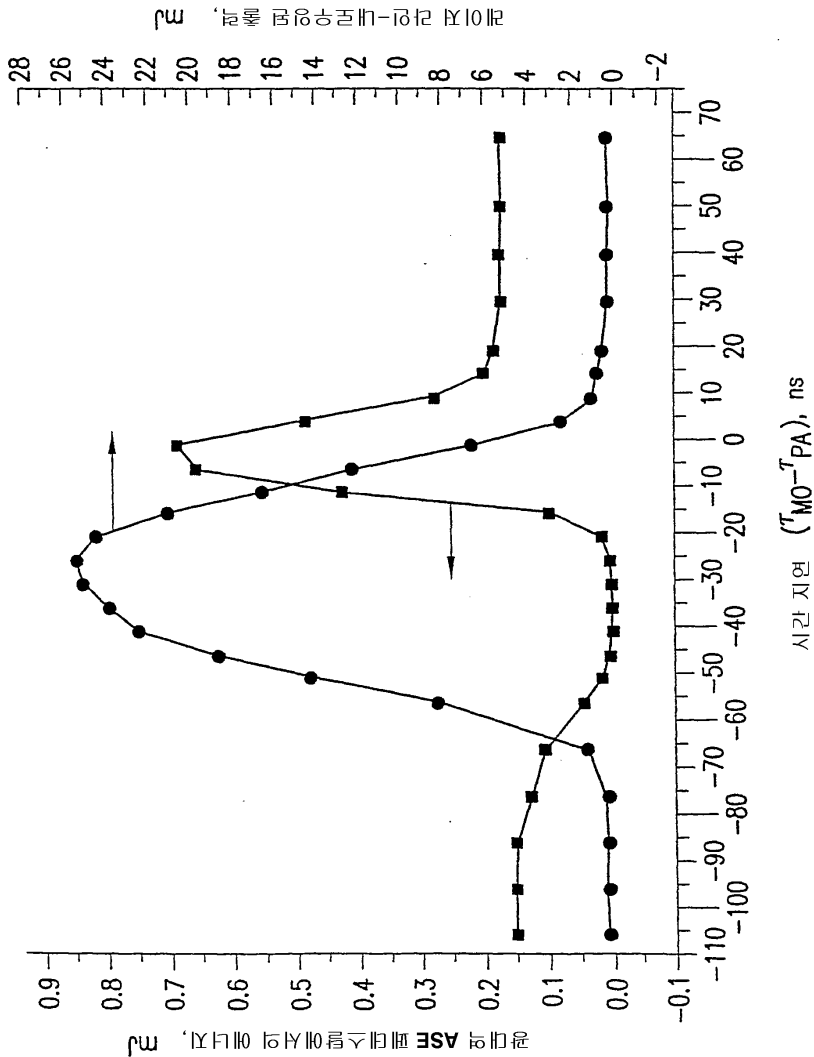
도면6d



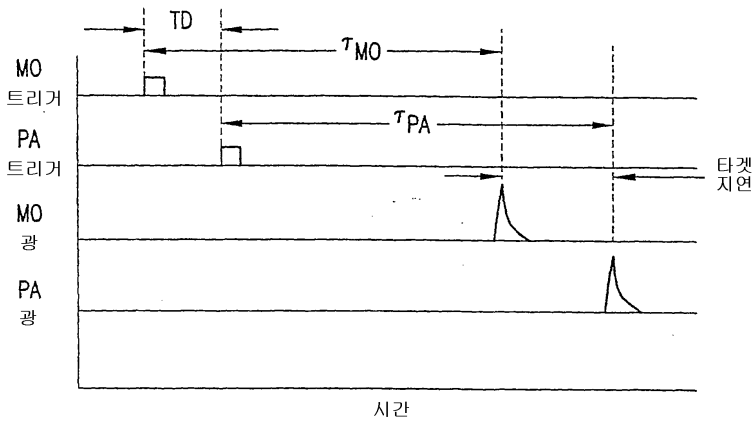
도면6e



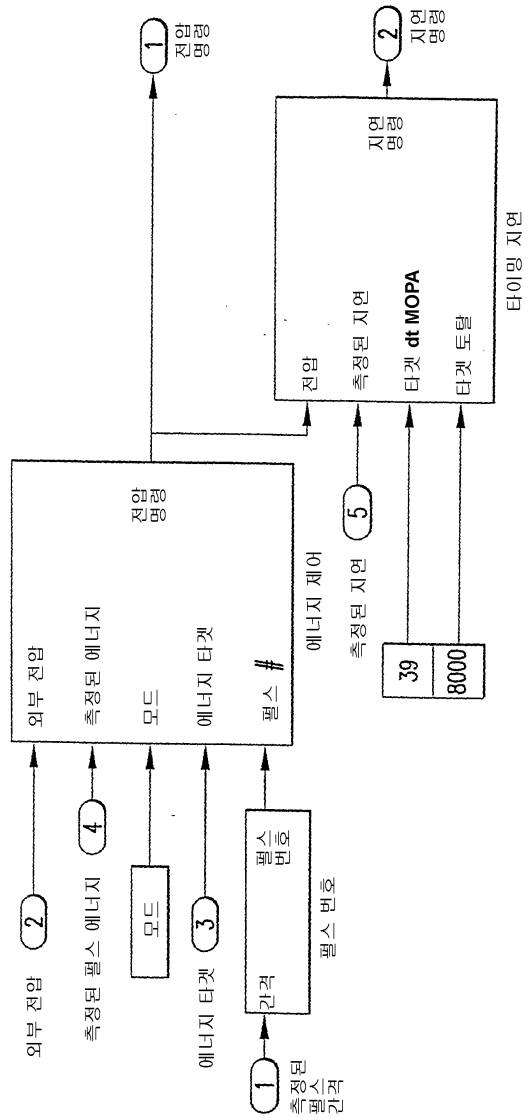
도면6f



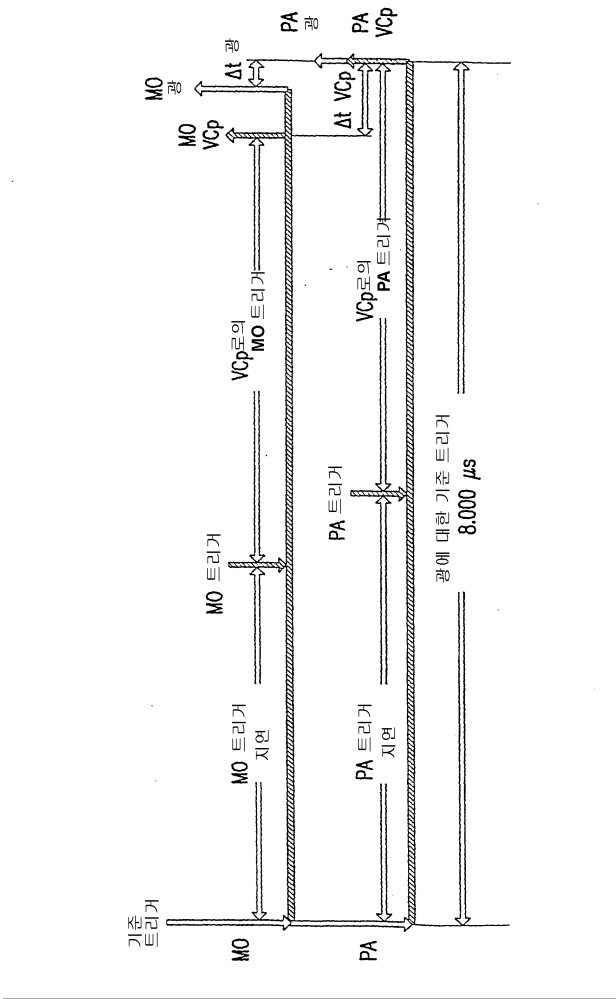
도면6f-1



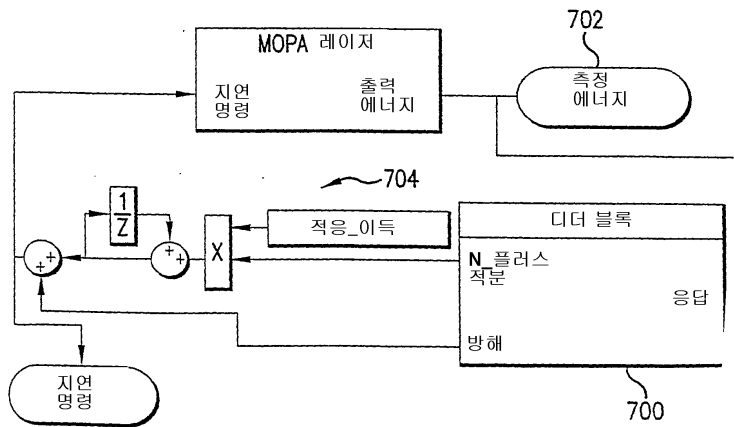
도면6g



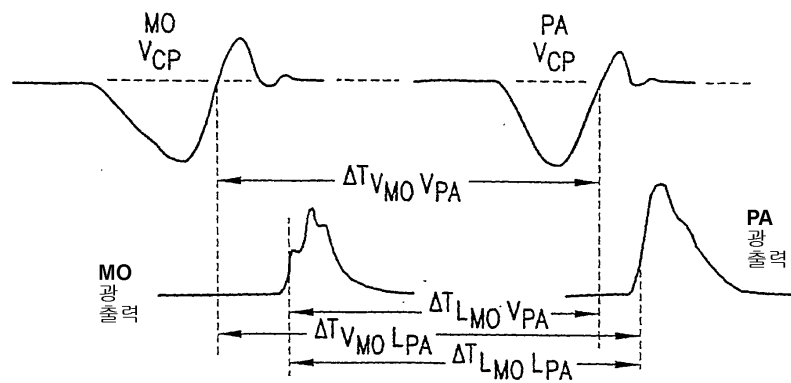
도면6h



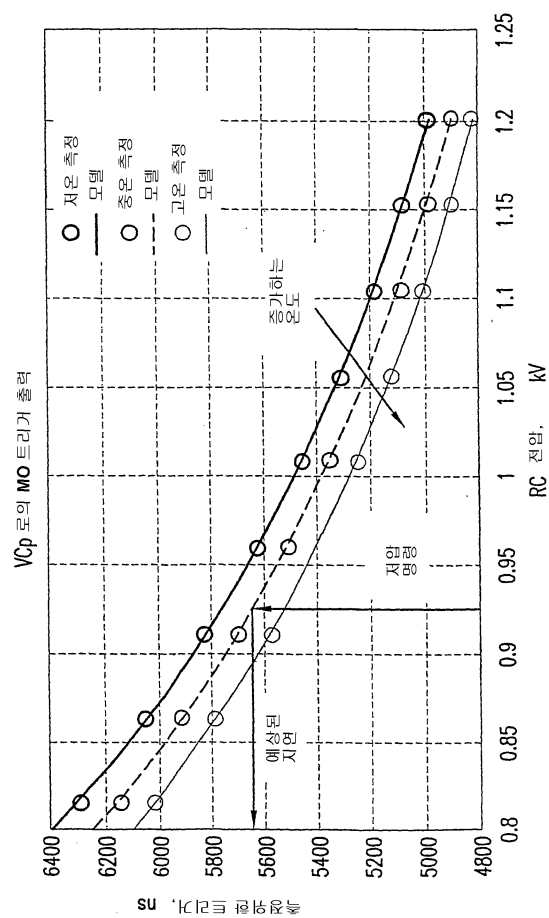
도면6i



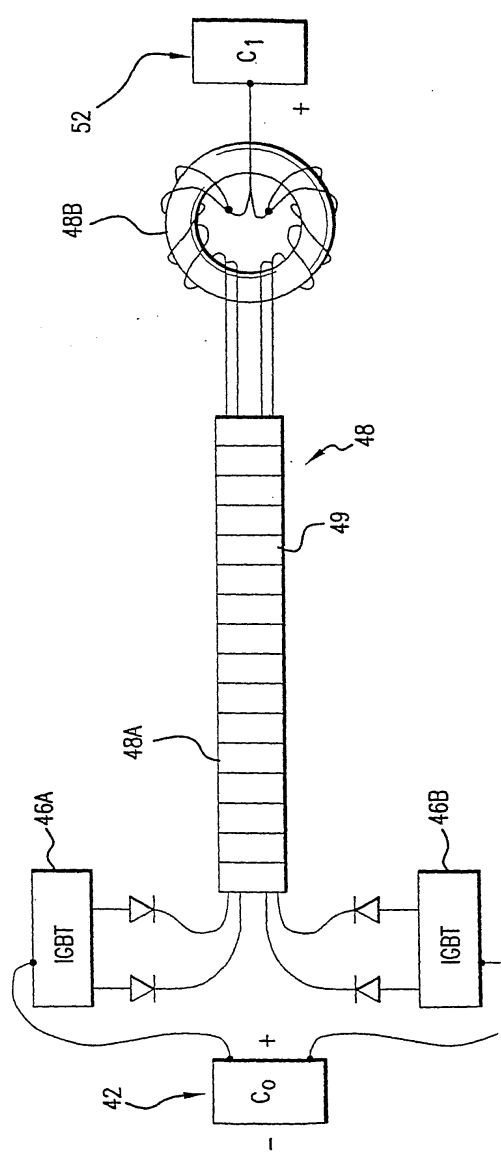
도면6j



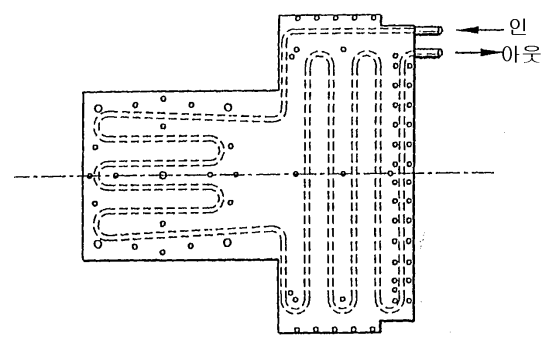
도면6k



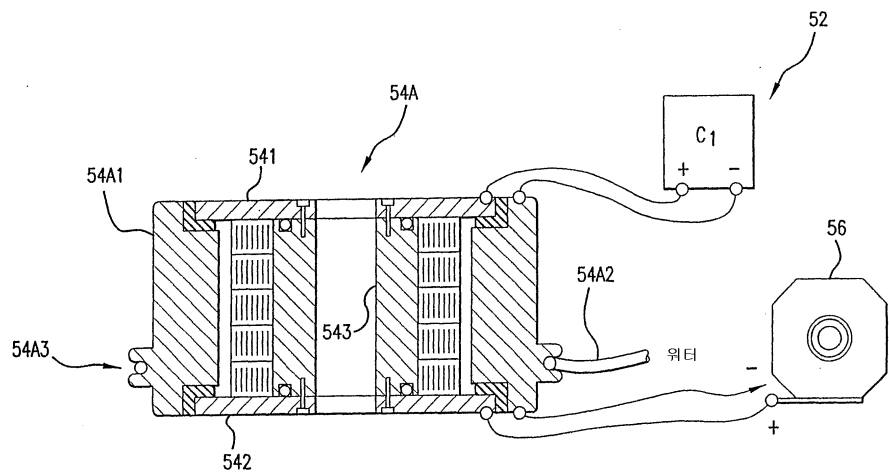
도면7



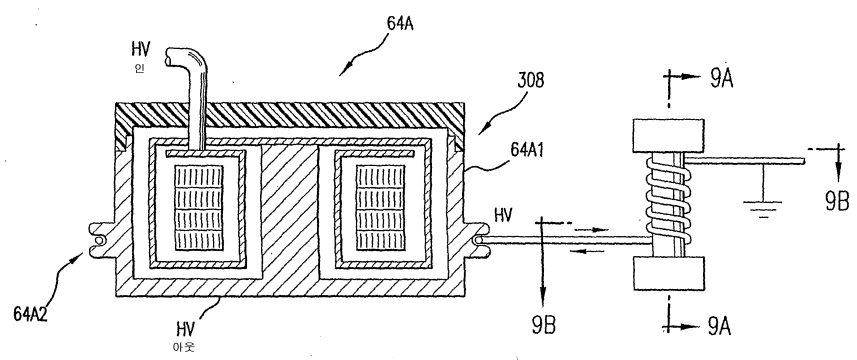
도면7a



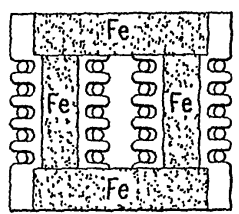
도면8



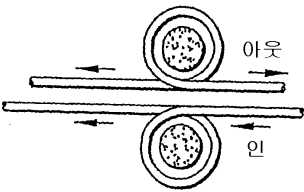
도면9



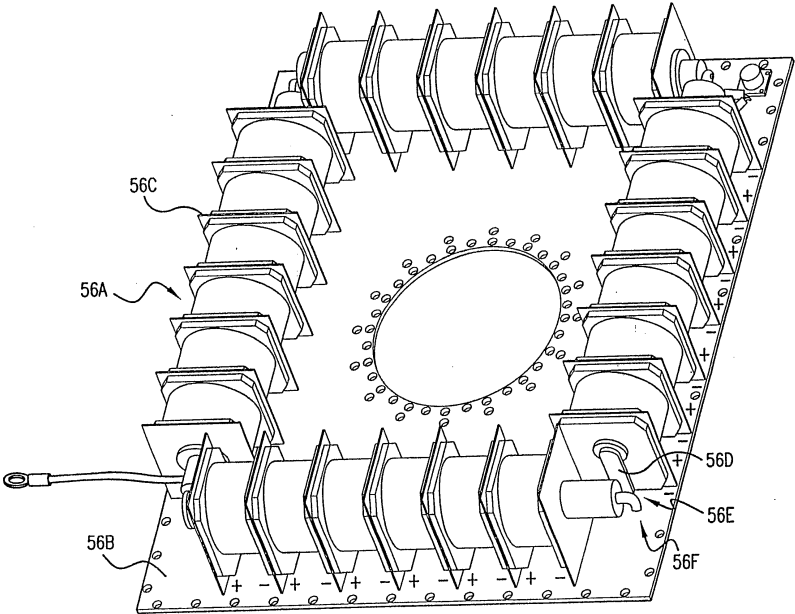
도면9a



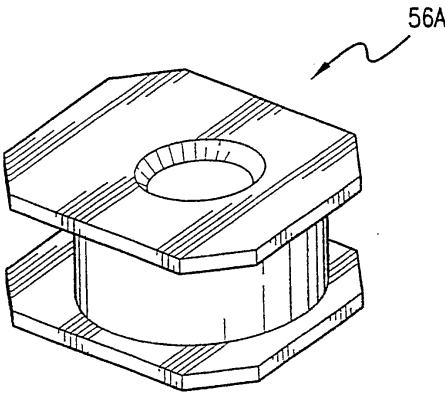
도면9b



도면10

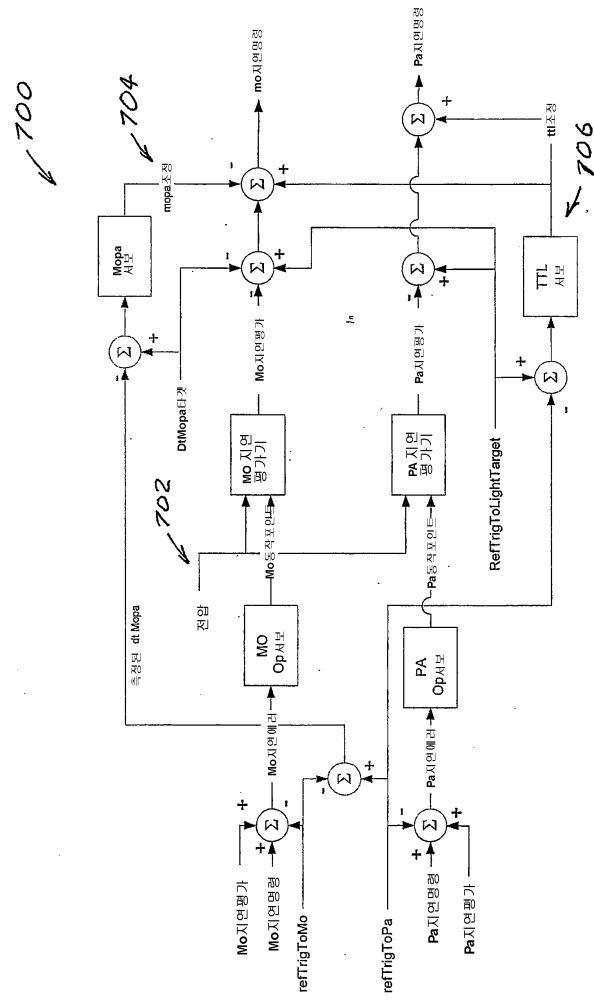


도면10a



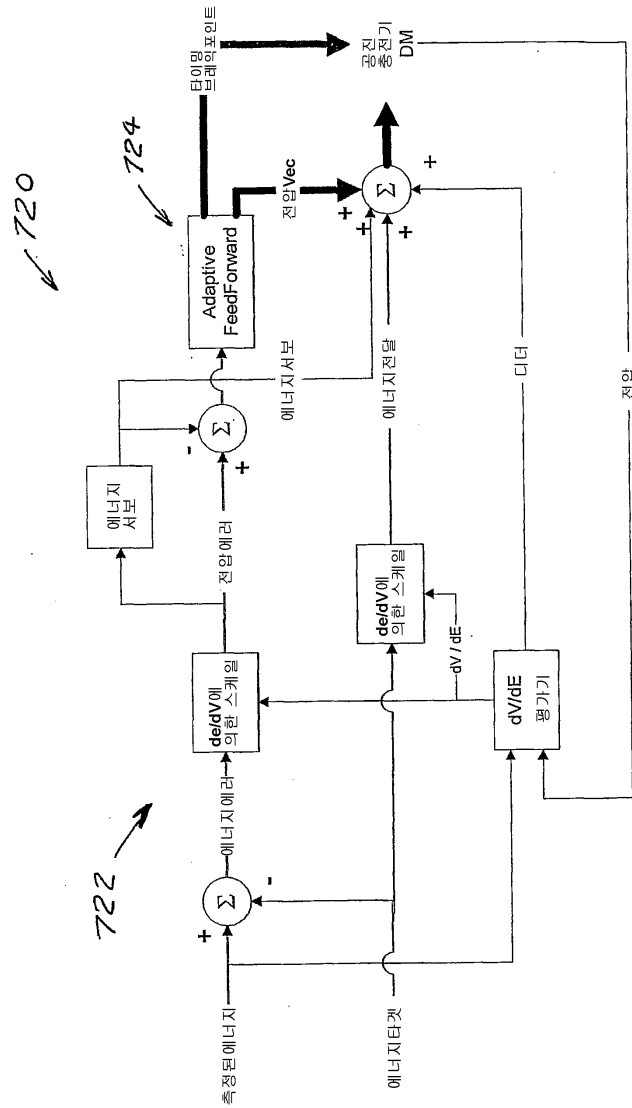
도면 11a

타이밍 제어 회로



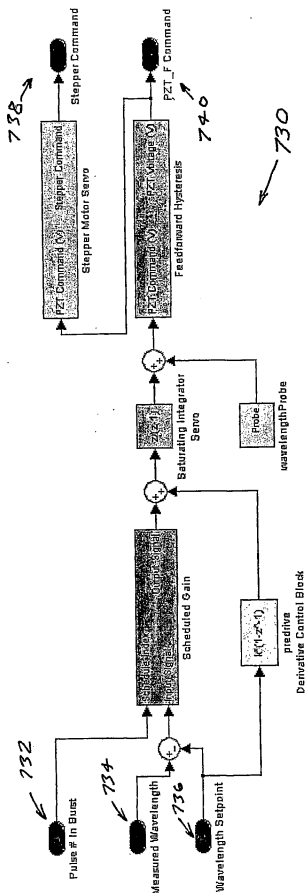
도면11b

에너지 제어 중



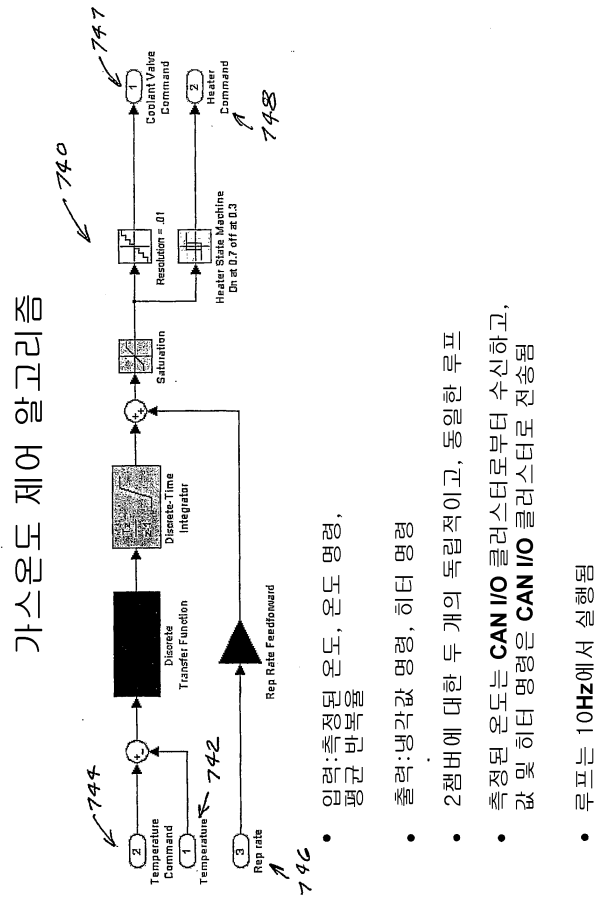
도면12

파장 제어 알고리즘



- 입력:측정된 파장, 타겟 파장, 버스트내의 펄스 수
- 출력:스테퍼 명령 및 PZT 진압 명령
- LAM으로 부터 수신된 측정 파장, LNCM에 전송된 액추에이터 명령

도면13



도면14

F2 주입 알고리즘:상태도

