

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
H01L 21/3065

(45) 공고일자 2004년 12월 17일
(11) 등록번호 10-0454348
(24) 등록일자 2004년 10월 15일

(21) 출원번호	10-1997-0709916	(65) 공개번호	10-1999-0028594
(22) 출원일자	1997년 12월 30일	(43) 공개일자	1999년 04월 15일
번역문제출일자	1997년 12월 30일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1996/011016	(87) 국제공개번호	WO 1997/02593
(86) 국제출원일자	1996년 06월 28일	(87) 국제공개일자	1997년 01월 23일
(81) 지정국	국내특허 : 아일랜드 알바니아 오스트레일리아 바베이도스 불가리아 브라질 캐나다 중국 체코 에스토니아 그루지야 헝가리 이스라엘 아이슬란드 일본 북한 AP AR IPO특허 : 캐나다 레소토 말라위 수단 스와질랜드 케냐 EA 유라시아특허 : 아르메니아 아제르바이잔 벨라루스 키르기즈 EP 유럽특허 : 오스트리아 벨기에 스위스 독일 덴마크 스페인 핀란드 프랑스 영국 그리스 이탈리아 룩셈부르크 모나코 네덜란드 포르투칼 오스트리아 스위스 독일 덴마크 스페인 핀란드 영국		

(30) 우선권주장 08/497461 1995년 06월 30일 미국(US)

(73) 특허권자 램 리서치 코포레이션
미합중국, 캘리포니아 94538-6470, 프레몬트, 쿠媵 파크웨이 4650
(72) 발명자 리우 알렉산더 에프.
미국 캘리포니아 95118 산호세 파인 포레스트 플레이스 4789
(74) 대리인 박종혁, 장용식

심사관 : 이우식

(54) 플라즈마에침공정의최적종료점의검출을위한개선된방법및장치

영세서

기술분야

<1> 본 발명은 반도체 웨이퍼의 플라즈마 또는 건식 에칭(dry etching)에 관한 것이고, 보다 상세하게는, 에칭 공정중에 공정을 종료하기 위한 최적의 지점(즉, 종료점:endpoint)을 검출하는 것에 관한 것이다.

배경기술

<2> 반도체의 웨이퍼의 플라즈마 또는 건식 에칭은 반도체 처리 기술에 주지되어 있다. 플라즈마 또는 건식 에칭 공정은, 실리콘 웨이퍼나 다른 가공편(workpiece)의 표면 상에 침적되거나 성장된 화학 종(species)의 1이상의 층을, 에칭 공정에 손상되지 않는 노출된 포토레지스트(photoresist)의 층에 의하여 보호되지 않는 영역에서 웨이퍼의 표면으로부터 제거하거나 분리시키는 공정이다.

<3> 웨이퍼는 전형적으로 실질적으로 내부가 대기압이하인 압력으로 유지되는 밀봉된 챔버(chamber)에 배치된다. 가스가 이온화될 때, 에칭되는 층의 화학 성분과 반응성이 높은 1이상의 가스가 챔버내로 주입된다. 가스 이온화 소스(전형적으로 R.F.에너지)는 화학적으로 활성이고 대전된 쟁(~10E12cm⁻³)으로 구성된 플라즈마를 발생시키므로, 그 후에 플라즈마에서 화학적으로 활성이고 대전된 쟁은 가공편에 충돌, 반응, 제거되거나, 또는 그럴지 않으면 가공편으로부터 물질이 제거되거나 휘발되고 진공 펌프장치를 통하여 공정 챔버로부터 배기되도록 한다.

<4> 플라즈마는 비보호된 쟁과 반응하므로 새로운 화합물 및/또는 종은 이온 비포함 라디칼(ion free radical) 또는 휘발성 가스의 형태로 웨이퍼의 표면으로부터 방출된다. 이들 종들의 일부는 고에너지 상태로 올려지며, 저에너지 상태로 떨어질 때에 광자(photon)를 방출한다. 각 종에 대한 광 방출(photo emission)은 그 종의 존재를 지시하기 위하여 검출될 수 있는 유일한 주파수를 가진다. 광 방출의 강도는 챔버내에 존재하는 특정 종의 양에 정비례한다.

<5> 에칭되는 층이 완전히 표면으로부터 제거되는 시점 및 공정이 기저 층을 에칭하기 시작하기 전에 플라즈마 또는 건식 에칭 공정을 중지하는 것이 중요하다. 그럴지 않은 경우에, 생성되는 반도체 회로의 최적 동작은 실현되지 않을 것이다. 실제로, 웨이퍼로부터 조립된 집적회로는 전혀 동작하지 않을 수도 있다.

<6> 플라즈마 또는 건식 에칭 공정을 위한 종료점의 검출을 위한 방법 및 장치가 과거에 실시되어 왔다. 이들 방법 및 장치는, 이들 종들이 챔버로부터 제거되거나 챔버에 나타나기 시작하는 시점을 결정하기 위하여 1이상의 방출하는 종의 광학적 방출을 검출하기 위하여 전형적으로 광학 검출기 및/또는 모노

크로미터(monochrometer)를 채용한다. 상기 시점은 하나의 층이 예정되어 제거된 시점 및/또는 기저층의 표면에 도달된 시점이다. 모노크로미터 및/또는 광학 검출기는 챔버의 쟁에 결합되어 동조(tune)되는 특정 주파수에서 빛의 강도를 측정한다. 모노크로미터 및 데이터 검출기는 그 진폭이 동조되는 챔버에서의 종의 농도에 비례하는 아날로그 전압을 발생시킨다. 종래기술의 방법에서, 아날로그 신호는 디지털 표시로 변환되고, 처리되며, 도달되거나 초과한 경우에 종료점을 지시하는 역할을 하는 임계치와 비교된다.

<7> 반도체 공정의 특징적 크기는 서브-미크론(sub-micron)의 수준으로 감소하였으나, 예정되어야 하는 특정 층의 노출된 영역의 양이 웨이퍼의 총 표면 영역의 5%이하보다 훨씬 떨어지는 상황이 자주 발생한다. 따라서, 특정 층에 대한 광학적인 방출의 강도는 너무 낮아서 시스템에 의하여 발생되는 잡음(noise) 내에 사라진다. 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)는 너무 낮아서, 관심의 대상인 신호를 구별하기 위하여, 현재에 알려진 잡음의 필터링 방법은 예정 공정의 적합한 종료점을 정확하고 신뢰있게 검출해내는 데 충분하지 않다. 더욱이, 특정한 예정 장치에 의하여 처리되는 웨이퍼의 수가 많아짐에 따라서, 광학적 방출이 보여지고 검출되는 창(window)에의 침전물이 관심의 대상인 신호의 강도를 더욱 감소시켜서 감소한 신호 대 잡음비를 더욱 악화시킨다.

<8> 그러므로, 반도체 웨이퍼의 플라즈마 또는 건식 예정의 분야에서는, 예정되는 층, 예를 들면, 반도체 웨이퍼의 노출된 표면적이 웨이퍼의 총 표면적의 5%이하 (최소한 0.8%까지 낮게)로 떨어지고, "흐려진 창" 문제가 낮은 신호 대 잡음비를 더욱 악화시키는 조건하에서, 플라즈마 또는 건식 예정 공정을 위한 종료점을 적절하고 신뢰성있게 검출할 수 있는 개선된 방법이 필요하다. 이 새롭고 개선된 종료점 검출 방법은 또한 모든 현재 및 장래의 예정 장치에 용이하게 적용될 수 있어야 하며, 또한 일반적으로 플라즈마 또는 건식 예정 공정을 사용하여 예정된 다양한 표면 층 중에서 어떠한 것에도 적용가능해야 한다. 마지막으로, 상기 방법은 종료점의 미세한 조정과 이전의 공정 작업으로부터 기록된 경험적 결과를 사용하여 최적 종료점을 선택하는 능력을 제공함에 의하여 주어진 예정 공정에 대한 종료점 검출의 최적화를 용이하게 할 수 있어야 한다.

발명의 상세한 설명

<9> 본 발명은 최적 종료점을 특정하고, 극단적으로 낮은 신호 대 잡음비를 발생시키는 조건하에서도 최적 종료점을 정확하고 신뢰성있게 검출하는 플라즈마 또는 건식 예정 처리 시스템에 적용된다.

<10> 10상의 광학 검출기 및/또는 모노크로미터는 한 다발의 광섬유를 통하여 플라즈마 예정 시스템의 예정 챔버에 통하는 창 위에 설치된 광학 렌즈에 결합된다. 광학 검출기 및/또는 모노크로미터들의 출력은 아날로그 대 디지털 변환기(ADC)에 차례로 접속되는 아날로그 멀티플렉서(MUX)에 접속된다. 그리고, ADC의 출력은 CPU, 메모리, 및 입력/출력(I/O)포트를 포함하는 마이크로 컨트롤러에 광학적으로 접속된다. 각 광학 검출기 및/또는 모노크로미터는 제어되는 예정 공정 중에 방출되는 특정 화학 종에 의하여 방출된 빛의 특성 주파수에 동조된다. 아날로그 MUX는 사전설정된 표본 추출률로 각각의 광학 검출기 및/또는 모노크로미터에 의하여 발생한 아날로그 출력 전압 신호를 샘플링하고, 이들 아날로그 신호들의 샘플링된 값을 세트로서 ADC에 공급한다. ADC는 아날로그 신호들의 각 세트를 마이크로 컨트롤러에 공급되는 디지털 표시로 변환시킨다. 마이크로 컨트롤러는, 예정 공정이 종료되어야하는 지점(즉, 종료점)을 검출하기 위한 본발명의 개선된 방법을 사용하여 디지털화된 생 데이터(raw data) 샘플의 세트를 처리하도록 프로그램된다.

<11> 예정 공정의 시작전에, 10상의 광학 검출기 및/또는 모노크로미터는 제어되는 예정 공정에 의하여 발생하는 10상의 화학 종에 의하여 방출되는 빛의 특유의 주파수를 검출하기 위하여 할당된다. 각 광학 검출기 및/또는 모노크로미터는 시스템의 특정 채널에 할당된다. 예정 공정의 시작시에, 광학 검출기 및/또는 모노크로미터는 아날로그 신호들을 발생시키기 시작하고, 그 크기는 그들이 동조되는 주파수로 방출되고 있는 빛의 양에 정비례한다. 그후, 아날로그 MUX는 표본 추출률(sampling rate)이라고 불리는 일정한 주기적 추출률로 각 활성 채널의 출력을 샘플링한다. 그래서, 표본 추출 주기 T_s 의 개시를 표시하는 시간 t 에서 시작하여, 각 채널 출력들은 아날로그 전압 신호를 그 아날로그 전압의 크기에 정비례하는 디지털 값으로 변환하는 ADC에 순차적으로 접속된다. 그후, 시간 t 동안의 이 디지털 값의 세트는 그리고 나서 마이크로 컨트롤러에 입력되고 실시간(real time)에 본발명의 방법에 따라서 처리된다. 따라서, 생 데이터 샘플의 세트는 각 샘플링주기 동안 각 채널로부터 한 개씩 발생되고, 본 발명의 방법에 의하여 하나의 세트로서 처리된다.

<12> 시간 t 에서 활성 채널들로부터 포착한 샘플의 세트의 각 생 데이터 샘플D에 대하여 처음에는 마이크로 컨트롤러에 의한 프리 필터링(pre-filtering) 처리를 한다. 프리 필터링 처리는 시간 t 에서 하기의 식에 따라서 각 활성 채널에 대한 필터링된 데이터 샘플의 세트를 발생시킨다:

$$Df1(t) = (1-Q1) \times Df1(t-1) + Q1 \times D1(t)$$

<13> $Df1(t)$ 은 시간 t 에서 채널들 종의 하나의 프리 필터링된 데이터이고, $Df1(t-1)$ 은 시간 $t-1$ 에서 채널의 프리필터링된 데이터이며, $D(t)$ 는 시간 t 에서 채널의 생 데이터 샘플이고, $Q1$ 은 프리필터 필터상수이다.

<14> 일정한 시간 t_0 동안, 마이크로 컨트롤러는 $t < t_0$ 에서 모든 샘플에 대한 프리 필터링된 데이터를 무시한다. 시간 t_0 은 지연(delay)시간 또는 차폐(masking) 시간으로 알려져 있다. 제2 시간주기 $t_0 < t < t_N$ 동안, 평균 정규화 값 D_{an} 이 계산된다. $t_0 < t < t_N$ 동안, 각 활성 채널에 대한 프리 필터링된 데이터 샘플 $Df1(t)$ 은 합계되고 그 총합은 시간 주기 $t_0 < t < t_N$ 동안 포착된 샘플의 총수 N 에 의하여 나누어 진다. $t > t_N$ 에서, 각 활성 채널에 대한 각각의 프리 필터링된 데이터 샘플들 $Df1(t)$ 은 그 활성 채널에 대하여 계산된 평균 정규화 값 D_{an} 에 의하여 나누어 지고, 이것은 그 채널의 평균 정규화 값 D_{an} 의 퍼센트로서 표현되는 정규화 값 $Y(t)$ 를 생성한다.

<15> 그후, $t > t_N$ 에서, 각 채널에 대하여 계산된 정규화 값 $Y(t)$ 의 세트는, 시간 t 에서 각 활성 채널에 대하여 정규화 값 $Y(t)$ 의 상호상관(cross-correlate)된 조합을 표시하는 단일(single) 다중(multiple) 채

넓 값 MCA(t)를 생성하기 위하여, 상호 상관되어진다. 상기 채널들은 다음식에 의하여 조합된다:

<17> $MCA(t) = [(A-B)+(C-D)] \div (E)$, A,B,C,D, 및 E는 5개의 활성 채널까지를 나타내도록 할당된다.

<18> 그후, 상호 상관 값 MCA(t)의 각각을 다음식에 의하여 포스트 필터링 처리를 한다: $Df2(t) = (1-Q2) \times Df2(t-1) + Q2 \times MCA(t)$, 여기에서 $Df2(t)$ 는 $MCA(t)$ 의 포스트 필터링된 값이고, $Df2(t-1)$ 은 $MCA(t-1)$ 의 포스트 필터링된 값이고, $MCA(t)$ 는 시간 t에서 각 활성 채널의 정규화 값 $Y(t)$ 의 상호상관 값이고, $Q2$ 는 포스트-필터 필터상수이다.

<19> 그리고, 마이크로 컨트롤러는 포스트 필터링된 값 $Df2(t)$ (또는 이들 값의 도함수)을 특정된 임계치와 비교한다. 임계치를 초과하면, 마이크로 컨트롤러는 공정의 특정한 종료점에 도달한 때를 결정한다. 예정 공정을 개시하기 전에, 사용자는 종료점을 검출하기 위하여 크기(즉, $Df2(t)$) 또는 기울기 모드(즉, $dDf2(t)/dt$)를 사용할지를 특정한다.

<20> 종료점은 3가지 모드중의 하나에 의하여 특정될 수 있다. 모드1은, 종료점을 $Df2(t)$ (또는 $dDf2(t)/dt$)의 값(k)의 몇 개의 지정된 수가 특정 임계치를 초과하고 연속적으로 크기가 증가하는 점으로 특정한다. 모드2는 종료점을 $Df2(t)$ (또는 $dDf2(t)/dt$)의 값(k)의 몇 개의 지정된 수가 특정 임계치를 초과하고 그들 값의 최대치로부터 연속적으로 감소하는 점으로 특정한다. 모드3은, 종료점을 $Df2(t)$ (또는 $dDf2(t)/dt$)의 값(k)의 특정된 수가 특정 임계치의 이하이고 $Df2(t)$ (또는 $dDf2(t)/dt$)가 최소한 한 번 특정 임계치를 초과한 후에만 연속적으로 감소하는 점으로 특정한다.

<21> 상기 3가지 모드중 하나를 사용하여 종료점을 정의하는 단계는, 어떤 아주 작은 시간 주기 동안 임계치를 초과할 수도 있는 잡음에 의하여 발생한 오류 최대치가, 오류의 종료점의 검출에 의하여 공정을 미리 종료시키지 않도록 필터링의 부가적인 수준을 하용한다. 더욱이, 상기 3가지 모드중 하나를 사용하여 종료점을 특정하는 단계는, 공정 엔지니어가 이전의 처리 작업 중 본 발명의 방법과 장치에 의하여 수집된 경험적인 데이터를 통하여 작동하는 반도체 회로를 생산하기 위하여 최적으로 보여지는 것에 종료점을 정밀 동조(fine-tune)하도록 허용한다.

도면의 간단한 설명

<22> 도 1은 본발명의 방법을 채용한 장치를 표시하는 블록도,

<23> 도 2는 본발명의 방법을 채용한 장치의 개략도,

<24> 도 3은 종래기술의 방법과 본발명의 방법의 고 수준(high-level) 순서도,

<25> 도 4는 종래기술의 방법과 본발명의 방법의 "생 데이터 처리" 루틴의 고 수준의 순서도,

<26> 도 5는 종래기술의 방법에서 채용된 "파라미터 및 모드 설정"루틴의 순서도,

<27> 도 6은 종래기술의 종료점 검출 방법에서 채용된 "종료점?" 루틴의 순서도,

<28> 도 7은 본발명의 방법에 대한 "데이터 정규화" 루틴의 순서도,

<29> 도 8은 본발명의 방법의 포스트 필터 단계로부터 전형적인 출력으로의 종료점 검출 개요의 적용을 도시한 도면,

<30> 도 9은 본발명의 방법의 "종료점?" 루틴의 순서도,

<31> 도 10은 본발명의 방법의 종료점 검출/모드1 루틴의 순서도,

<32> 도 11은 본발명의 방법의 종료점 검출/모드2 루틴의 순서도,

<33> 도 12은 본발명의 방법의 종료점 검출/모드3 루틴의 순서도,

<34> 도 13은 본발명의 방법의 "파라미터 및 모드 설정" 루틴의 순서도,

<35> 도 14는 본발명의 방법의 포스트 필터 단계에 의하여 생성된 전형적인 신호에의 본발명의 방법의 종료점 검출 루틴의 적용을 도시한다.

실시예

1. 도입

<36> 본발명은 신호 대 잡음비가 극단적으로 낮은 조건 하에서, 플라즈마 또는 건식 예정 공정이 종료되어야 하는 최적의 점을 검출하는 개선된 방법이다. 또한, 본발명의 개선된 방법을 실시하기 위한 장치도 개시된다. 이하의 설명에서 본발명의 개선된 방법을 실시할 수 있는 공지의 장치를 먼저 설명한다. 두 번째로, 예정되어야 하는 웨이퍼의 노출된 면적이 웨이퍼의 총 표면적의 3%이하보다 훨씬 떨어질 때, 최적 종료점을 설정하고 검출하는 것이 불가능한 공지의 방법에 대하여 설명한다. 마지막으로, 본발명의 개선된 방법이, 노출된 면적이 최소한 총 표면적의 0.8%만큼 낮은 경우에 종료점을 설정하고 신뢰성 있게 구별하도록 하는 공지의 공정에 대한 개선에 대하여 설명한다. 또한, 본발명의 완전한 이해를 위하여 예시적인 하드웨어 구성과 같은 다수의 특정한 세부사항도 설명할 것이다. 그러나, 본발명의 특정한 세부사항들 없이도 실용화 될 수 있음은 본 분야의 당업자에게 명백할 것이다.

<38> 다른 예에서, 본발명을 불필요하게 불명료하게 하지 않도록 주지의 회로와 구조는 상세하게 설명되지 않을 것이다. 예를들면, 광학 검출기 및 모노크로미터, 예정 챔버의 장으로의 이들 구성요소의 인터페이스(interface)와 같은 공지의 구성요소에 관한 세부사항은 상세하게 제공하지 않는다. 본 분야의 당업자는 이들 구성요소들이 플라즈마 예정 장치의 예정 챔버내에 있는 것들을 포함하여 광학적 방출을 검출하는 목적을 위하여 널리 적용됨을 인식할 것이다. 마찬가지로, 본 분야의 당업자는 아날로그 신호들을 다중화(multiplex)하고, 디지털 신호로 변환하는 다수의 기법이 존재함을 인식할 것이므로 이들 구성요소

의 세부는 상세하게 도시되거나 설명되지 않을 것이다. 마지막으로, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서, 및 다른 형태의 데이터 처리 장치를 포함하는 디지털 데이터를 처리하는 다수의 주지의 기법이 있다. 본 분야의 당업자는 본발명의 방법에 의하여 샘플링된 데이터를 처리하기 위하여 사용하는 마이크로 컨트롤러의 실시의 세부사항은 주지되어 있고 본발명의 특허성에 영향이 없음을 인식할 것이다.

<39> 본 분야의 당업자는 또한, 본발명의 방법 및 장치가 시스템의 잡음에 의하여 불확실해지는 광 방출의 검출을 요구하는 어떠한 환경에도 응용될 수 있음을 인식할 것이다. 따라서, 본발명의 방법 및 장치가 반도체 웨이퍼의 플라즈마 에칭 공정에 대한 종료점을 결정하는 경우에 대하여 설명되었지만, 증착(vapor deposition) 처리 등과 같은 다른 유사한 응용에도 본 적용의 범위내에서 있는 것으로 또한 고려된다.

<40> 2. 본발명의 장치

<41> 도 1을 참조하면, 본발명의 방법의 실시가 가능한 장치의 블록도가 도시되어 있다. n 광학 검출기 및/또는 모노크로미터(16)에의 입력은 광학 렌즈(14)에 광학 커넥터(24)를 통하여 접속되어 있다. 광학 렌즈(14)는 에칭 챔버(10)의 창(12)위에 장착된다. 에칭 챔버(10)는 본분야에 통상 알려진 플라즈마 또는 건식 에칭 시스템의 일부를 형성한다.

<42> 본분야의 당업자는 광학 검출기 또는 모노크로미터 중의 선택이 처리중에 검출된 종의 유형에 기 본적으로 기초함을 인식할 것이다. 모노크로미터는 산화물을 에칭하는 경우에 자주 사용되는 한편, 광학 검출기는 금속을 에칭하는 경우에 자주 사용된다. 본발명의 장치의 바람직한 실시예에서는 2개의 모노크로미터 및 3개의 광학 검출기가 전형적으로 채용된다. 2개의 모노크로미터 및 광학 검출기 중의 2개는 수행되는 에칭 공정에 따라서 특정한 종을 검출하기 위하여 채용될 수 있다. 제3 광학 검출기는 전형적으로 공정에 의하여 발생하는 모든 광학적 방출을 검출하기 위하여 광대역 필터와 결합되어 사용된다. 따라서, 또다른 채널이 용이하게 부가될 수 있지만, 5개의 데이터 채널이 바람직한 실시예에서 사용되는 것은 바람직하다.

<43> 에칭 공정의 개시시에, 특정한 처리 적용에 의하여 방출되는 특정한 종에 대하여 할당되고 또한 동조된 N개의 광학 검출기 및/또는 모노크로미터 종의 어떤 것이, 그것이 동조되어진 종에 의하여 발생되는 광 방출의 강도에 정비례하는 크기를 가지는 아날로그 전압을 발생시키기 시작한다. 광학 검출기 및/또는 모노크로미터(16)의 출력은 커넥터(17)를 경유하여 아날로그 멀티플렉서 및 아날로그 대 디지털 변환기(ADC)(18)의 입력에 접속된다. 아날로그 MUX는 사전설정된 표본 주출률로 활성 채널에 걸쳐서 전송되는 아날로그 신호들을 샘플링하고, 이들 샘플들은 샘플링된 아날로그 전압의 크기에 정비례하는 디지털 값으로 ADC에 의하여 변환된다. 따라서, 에칭 공정 중에 5개의 활성 채널이 있다면, 아날로그 MUX 및 ADC(18)는, 표본 주출 주기당, 5개의 각 채널당 하나씩으로, 5개의 디지털 값을 발생시킨다. 그리고나서, 생 디지털 데이터는 광학 접속기(20)를 거쳐서 마이크로 컨트롤러(22)로 직렬로 전송된다.

<44> 그리고나서, 예를 들면, 인텔 8045 와 같은 8 비트 마이크로 컨트롤러가 될 수 있는 마이크로 컨트롤러(22)는, 본발명의 방법에 따라서 각 표본 주출 주기에 대하여 생 데이터를 처리한다. 본발명의 방법에 따라서 마이크로 컨트롤러(22)에 의하여 종료점이 검출되면, 마이크로 컨트롤러(22)는 입력/출력(I/O) 인터페이스(34)를 통하여 에칭 챔버(10)에 제공되는 이온화 에너지원을 차단시킨다. 에칭 공정은 이온화 에너지원의 제거 즉시 사실상 중지된다.

<45> 도 2는 본발명의 장치의 실시예의 개략도를 도시한다. CPU(26)은 아날로그 MUX 및 ADC(18), 광학 접속기(20), 및 마이크로 컨트롤러(22)를 포함한다. 모노크로미터 및/또는 광학 검출기(16)는 CPU(26)에 커넥터(17)를 통하여 접속되어 있는 것이 도시되어 있다. CPU(26)은 또한 플라즈마 에칭 시스템(32)내부에 위치한 I/O 인터페이스(34)에 또한 접속되어 있다. CPU(26)을 보조하여 LCD 모니터(28), 프린터(30), 및 키보드(36)도 또한 제공된다.

<46> 공지 기술의 방법

<47> 도 3 내지 도 6을 참조하여, 종래에 알려진 종료점 검출의 방법에 관하여 설명될 것이다. 도 3은 본발명의 개선된 방법과 함께 종료점 검출의 공지의 방법에 의하여 채용되는 단계를 설명하는 최고 수준(top level)의 순서도를 도시한다. 블록(52)은 특정한 에칭 공정을 수행하기 위한 에칭 시스템을 준비하기 위하여 공정 엔진이어와 같은 에칭 시스템의 사용자에 의하여 취해지는 단계를 나타낸다. 설정되어야 하는 파라미터 및 모드와 이들 파라미터 및 모드의 선택에 영향을 주는 인자들에 대한 더 상세한 논의는 후에 기술될 것이다.

<48> 블록(54)은, 아날로그 MUX 및 ADC (18)가 시스템의 각각 할당되고 활성인 채널상에서 생성되고 있는 생 데이터를 샘플링하기 시작하는 때인, 에칭 공정을 개시하는 단계를 표시한다. 상기에서 논의된 바와 같이, 각 표본 주출 주기동안, 각각의 활성 채널에 대한 생 데이터의 세트는 "생 데이터의 처리" 루틴(58)을 실행하는 마이크로 컨트롤러로 광학적으로 전송된다. 생 데이터 점들의 세트가 일단 처리되면, 생성된 처리된 데이터는 "종료점?" 루틴(60)에 의하여 종료점이 검출되었는지를 결정하기 위하여 분석된다. 만약, 처리된 데이터가 종료점을 반영하지 않으면(전형적으로 이는 어떠한 사전설정된 임계치를 초과하지 않았기 때문이다), 에칭 공정은 지속되고, 생 데이터의 새로운 세트가 샘플링되고 "생 데이터의 처리" 루틴(58)에 의한 처리를 위하여 마이크로 컨트롤러로 제공된다. 이 루프(loop)는 "종료점?" 루틴(60)이 종료점에 도달하였음을 검출하기 전까지 계속된다. 종료점 도달시에, 에칭 공정은 도 3의 블록(62)으로 표시되는 바와 같이 마이크로 컨트롤러로부터의 출력 신호에 의하여 종료된다.

<49> "생 데이터의 처리" 루틴(58)에 관한 더 상세한 설명이 도 4를 참조하여 설명된다. 에칭 공정동안의 각 표본 주출 주기동안, 마이크로 컨트롤러는, D(t)로 표시되는 생 데이터 샘플의 세트(각 활성 채널에 대하여 하나씩)를 수용한다. 이 단계는 도 4의 블록(82)으로 표시된다. 그리고 나서, 생 데이터 점들의 세트는 프리 필터링된 데이터 샘플 Df1(t)를 얻기 위하여 프리 필터링된다. Df1(t) 값은 다음의 식에 의하여 시간 t에 각 활성 채널에 대하여 계산된다:

$$Df1(t) = (1-Q1) \times Df1(t-1) + Q1 \times D1(t)$$

<51> $Df1(t)$ 은 시간 t 에서 채널들중의 하나의 프리 필터링된 데이터이고, $Df1(t-1)$ 은 시간 $t-1$ 에서 채널의 프리필터링된 데이터이며, $D(t)$ 는 시간 t 에서 채널의 생 데이터 샘플이고, $Q1$ 은 프리필터 필터상수이다. 블록(84)으로 표시되는 이 단계는 샘플링 처리중 학습되는 잡음의 일부를 제거하도록 의도된 것이다.

<52> 결정블록(86)은, 종료점이 예상되지 않으나, 예정 공정의 개시에 기인하여 잡음이 보통 매우 높은 시간의 주기인, 시간 t_0 의 주기동안의 또 다른 처리로부터 프리 필터링된 데이터를 차폐하는 단계를 표시한다. 만약 사전 설정된 지연 시간 t_0 가 경과되지 않았으면, 루틴은 마이크로 컨트롤러가 시스템으로부터 생 데이터의 새로운 세트를 기다리는 블록(82)으로 되돌아 간다. 본분야의 당업자는 t_0 의 실제적인 값은 특정 예정 공정에 따라서 다르며, 경험적인 데이터와 경험에 기초하여 공정 엔지니어에 의하여 설정될 수 있음을 인식할 것이다. 차폐 주기가 일단 경과하면, 루틴은 블록(88)으로 표시되는 다음단계로 진행하고 블록(88)에서는, 각 채널에 대한 D_n 을, 차폐 시간 t_0 의 경과후(즉, $t > t_0$), 각 채널에 대하여 발생하는 제1 프리 필터링된 데이터 샘플 $Df1(t)$ 과 동일하도록 설정함에 의하여 정규화 값 D_n 이 각 활성 채널에 대하여 설정된다. 일단, 각 채널에 대하여 상기 정규화 값 D_n 이 설정되었으면, 특정 표본 추출 주기 동안 포착된 프리 필터링된 데이터 샘플들의 세트의 각각은, 정규화된 값의 백분율로 표현되는 세트에서 각 샘플에 대한 정규화 값 $Y(t)$ 를 얻기 위하여, 각 채널에 대하여 프리 필터링된 데이터 샘플 $Df1(t)$ 을 D_n 에 의하여 나눔으로써 정규화된다.

<53> 본발명의 방법의 개선점 중의 하나가 다음 단락에서 상세히 설명될 "데이터 정규화(88)" 단계에 있음을 여기에서 주지하여야 한다.

<54> 현재의 표본 추출 주기 동안 정규화된 데이터 샘플들의 세트가 일단 설정되면, 각 채널에 대한 정규화된 값 $Y(t)$ 가, 현재의 샘플 주기에 대한 정규화 값의 세트에 대한 단일 값 $MCA(t)$ 를 생성하기 위하여 상호 상관관계지어 진다(즉, 조합된다). 현재의 표본 추출 주기에 대한 단일의 상호 상관관계 값 $MCA(t)$ 은 다음 식에 의하여 결정된다:

<55>
$$MCA(t) = [(A-B)+(C-D)] \div (E),$$
 여기서 $A, B, C, D,$ 및 E 는 5개의 활성 채널까지를 나타내도록 할당될 수 있다.

<56> 예를 들면, 만약 2개의 채널만이 특정 예정공정을 위하여 채용되었다면, 이를 2개의 채널은 각각 A 및 B 에 할당될 것이다. 상기 식에서 남아있는 변수 $C, D,$ 및 E 는 1과 동일하도록 설정되는데, $MCA(t)$ 에 대한 값이 $A-B$ 와 같음을 의미한다. 특정 채널에 대한 특정한 종의 할당은, 관심의 대상인 신호들을 강조하면서 채널간의 공통적인 잡음을 제거하는 역할을 한다는 것은 본분야에 주지되어 있다. 예를 들면, 채널1 및 채널2에 할당된 종이 모두 종료점에 도달하고 있는 시간 t 의 순간에, 채널2에 할당된 종의 농도가 증가함과 동시에 채널1에 할당된 종은 그 농도가 감소할 수 있다. 채널1은 변수 A 에, 그리고 채널2를 변수 B 에 할당함에 의하여, 양 채널에 모두 공통적인 어떤 잡음은 감산되고 부정되는 반면에, 관심의 대상인 2개의 신호를 서로 감산하는 것은 실제로는 가산하는 것이 될 것이다. 또한, E 에 할당된 채널은 종종 어떤 주어진 시간에도 챔버에 존재하는 모든 주파수의 검출을 허용하는 광대역 필터를 구비하는 광학 검출기이다. 따라서, 광대역 채널의 정규화 값을 나눔에 의하여, 일반적인 잡음은 $MCA(t)$ 의 값으로부터 더욱 제거될 것이다. 종료점의 검출을 위하여 최선으로 사용되는 종과 이들 종에 동조되는 검출기가 할당되어야 하는 채널을 결정함에 있어서 주지된 다수의 고려점이 존재함은 본분야의 당업자에게 인식될 것이다. 이들 고려점은 본발명의 방법 및 장치의 특허성과는 무관하다.

<57> 그후, "생 데이터의 처리" 루틴(58)은 관심의 신호로부터 잡음을 더 제거하기 위하여 조합된 채널 값 $MCA(t)$ 을 포스트 필터링하는 블록(92)에서 계속된다. 포스트 필터 단계는 다음의 식에 따라서 포스트 필터링된 값 $Df2(t)$ 를 설정한다:

<58>
$$Df2(t) = (1-Q2) \times Df2(t-1) + Q2 \times MCA(t),$$
 여기서 $Df2(t)$ 는 $MCA(t)$ 의 포스트 필터링된 값이고, $Df2(t-1)$ 은 $MCA(t-1)$ 의 포스트 필터링된 값이고, $MCA(t)$ 는 시간 t 에서 각 활성 채널의 정규화 값 $Y(t)$ 의 상호상관 값이고, $Q2$ 는 포스트-필터 필터상수이다.

<59> 포스트 필터링 처리는, 프리 필터링 단계와 마찬가지로, 가공편의 총 표면적의 5%이하로 떨어진 노출 면적에 있어서 발생하는 낮은 신호 대 잡음비를 다루는 시도에서 종래의 방법에 부가되었다. 그러나, 프리 필터링 단계(84)와 동일하게, 이 단계는 총 표면적의 5%이하보다 훨씬 낮게 노출 표면적이 감소할 때, 신뢰성 있는 종료점의 검출에는 충분하지 않다. 5%보다 큰 노출 표면적에 대하여, $Q1$ 과 동일하게 $Q2$ 가 1로 설정될 수 있다. 이것은 상기 식으로부터 보여지는 바대로 필터링 기능을 제거한다. 노출 표면적이 5%이하로 떨어지고, 계속적으로 감소할 때, $Q1$ 과 동일하게 $Q2$ 는, $Q2 < 1$ 의 값을 가져야 한다. 본분야의 당업자는, $Q1$ 과 동일하게 $Q2$ 의 최적치는 감시되는 특정의 예정 공정의 특성에 의존한다는 것을 인식할 것이다. $Q2$ 의 값($Q1$ 뿐만아니라)은 본 방법을 실시하는 예정 시스템의 작동자의 경험과 경험적인 데이터에 기초하여 최적화될 수 있다.

<60> "생 데이터의 처리" 루틴(58)은 결정 블록(60)에서 "종료점 검출" 루틴(50)으로 복귀한다. 그리고, 결정 블록(60)에서, 종래기술의 "종료점?" 루틴(60)은 실행된다. 도 6은 종래기술의 "종료점?" 루틴(60)을 나타내는 순서도를 도시한다. 결정 블록(100)에서, 마이크로 컨트롤러는 종료점이 포스트 필터링된 샘플 $Df2(t)$ 의 크기 값 또는 이들 값의 도함수(즉, 기울기)에 기초하여 검출되어야 하는지를 결정한다. 크기 모드가 선택되면, 마이크로 컨트롤러는 현재의 샘플 주기에 대한 포스트 필터링된 값이 사전설정된 임계치와 비교되는 결정 블록(102)으로 진행한다. 만약, $Df2(t)$ 의 값이 사전에 특정된 임계치보다 크면, 공정은, 예정 공정이 마이크로 컨트롤러에 의하여 종료되는 종료점 검출 루틴(50)의 단계(62)로 진행한다. 그렇지 않으면, 루틴은 샘플들의 새로운 세트가 "생 데이터의 처리" 루틴(58)으로 입력되는 종료점 검출 루틴(50)의 단계(56)로 복귀한다. 만약, 크기 모드가 선택되지 않으면, 프리 필터링된 데이터 $Df2(t)$ 의 도함수가 특정된 임계치와 비교된다. 만약, 도함수 값이 사전선택된 임계치보다 크면, 과정은 종료점 검출 루틴(50)의 단계(62)로 복귀한다. 만약 도함수가 특정된 임계치보다 작으면, 과정은 샘플들의 새로운 세트가 상기에 기술된 바와 같은 루틴에 따라 처리되는 종료점 검출 루틴(50)의 단계(56)

으로 복귀한다.

<61> 도 6에 도시된, "종료점?" 루틴(60)을 포함하는 종래기술의 방법은, 웨이퍼의 노출 표면적이 약 3% 이하로 떨어질 때, 종료점을 정확하고 신뢰성 있게 결정할 수 없음이 여기에서 지적되어야 한다. 만약, "흐려진 창"의 문제가 또한 존재한다면, 최소의 노출 표면적은 실제로 더 높을 것이다. 다음 단락에서 논의될 바와 같이 본발명의 개선된 방법은, 새로운 "종료점?" 루틴(60)을 실시함에 의하여 흐려진 창에 의하여 악화된 경우일 때조차도 0.8%와 같이 낮은 노출 표면적에 대하여 신뢰성 있고 정확한 종료점의 검출을 달성한다.

<62> 도 5는, 종래 기술의 방법하에서 예침 공정을 수행하기 위한 예침 장치를 준비함에 있어서 공정 엔지니어에 의하여 수행되어야 하는 다양한 작업을 도시하기 위한 "파라미터 및 모드 설정" 루틴(52)을 도시한다. 상술한 바와 같이 공정 엔지니어는, 먼저 장치의 적합한 채널에 대하여 중요한 종을 할당하여야 한다. 프리 및 포스트 필터 상수들(Q1 및 Q2) 뿐만 아니라 표본 추출률도 특정되어야 한다. 차폐 또는 지연 시간 t_0 은 예침 공정의 개시후에 시스템이 안정되는데 필요한 시간에 기초하여 선택되어야 한다. 공정 엔지니어는 또한 포스트 필터링 공정에 의하여 생성된 크기 값 $Df2(t)$ 또는 그 값의 도함수 $(dDf2(t)/dt)$ 를 사용할지를 선택하여야 한다. 최종적으로, 공정 엔지니어는, $Df2(t)$ (또는 그 도함수)의 현재 값이 임계치를 초과하는 경우에, 종료점이 검출되었고, 예침 공정이 종료되어야 함을 지시하는 임계치 수준을 설정하여야 한다. 본분야의 당업자는 이들 파라미터 및 모드가 다수의 상이한 예침 공정에 대하여 최적화될 수 있으며 그러한 최적화는 경험과 경험적 데이터의 사용에 의하여 달성될 수 있음을 인식할 것이다.

본발명의 개선된 방법

<64> 본발명의 개선된 방법은 상술한 공지 기술의 방법과 같이 도 3 및 도 4의 동일한 고 수준 순서도를 따른다. 본발명의 방법에 의하여 실현되는 개선점은, "정규화 값에 기초한 데이터 정규화" 루틴(88) (도 4참조)뿐만 아니라 "파라미터 및 모드 설정" 루틴(52) 및 "종료점?" 루틴(60)(도 3참조)에도 존재한다.

<65> 상술한 바와 같이 낮은 신호 대 잡음비를 야기시키는 조건하에서 관심의 대상인 신호를 흐리게 하는 잡음의 양을 더욱 감소시키기 위하여 본발명의 개선된 방법은 프리 필터링된 데이터 샘플들을 정규화시키는 평균 정규화 값 D_{an} 을 계산한다. 도 7의 순서도는 본발명의 "데이터 정규화" 루틴(88)을 도시한다. 이 루틴은, 시간 t_0 이상 t_N 이하의 시간 t 의 주기에 걸쳐서 각 채널에 대한 필터링된 데이터 값의 총합을 계산한다. 상기 루틴은, 각 활성 채널에 대한 $Df1(t)$ 의 값들을 총합하고, 상기 시간 $t_0 < t < t_N$ 의 주기동안 총합된 샘플의 총수 N 으로 그들을 나눈다. 샘플의 수에 걸쳐서 평균된 정규화 값의 사용은, 차폐시간 t_0 가 경과한 후 각 채널에 대한 최초 값 $Df1(t)$ 만을 사용하는 상기에 기술된 종래기술의 방법과는 대조된다.

<66> 결정 블록(200)은 시간 t 가 t_N 을 초과하였는지를 결정하고, 그리고 만약 경과하였다면, 각 채널에 대한 각 프리 필터링된 데이터 샘플 $Df1(t)$ 을 각 채널에 대하여 계산된 평균 정규화 값 D_{an} 을 사용하여 정규화한다. 이 단계는 블록(206)에 의하여 표시된다. 따라서, 정규화 값을 결정하기 위하여 각 활성 채널에 대하여, 다수의 프리 필터링된 데이터 값을 평균하는 것은, 관심의 대상인 신호의 값을 불명료하게 하는 잡음에 의하여 발생된 피크(peak) 및 밸리(valley)를 평균에 도달하게 하는 경향이 있다. 종래기술의 방법의 프리 및 포스트 필터링 단계 및 상기의 개선된 정규화 단계에도 불구하고, 신호 대 잡음비가 계속하여 감소함에 따라서, 만약 종래기술의 방법의 "종료점?" 루틴(60)이 사용된다면, 오류의 종료점이 여전히 트리거(trigger)될 수 있을 정도까지, 잡음이 관심의 대상인 신호를 계속적으로 불명료하게 한다. 새롭고 비자명한 "종료점?" 루틴(60)의 상세한 설명이 도 8 내지 도 14를 참조하여 제시된다. 도 8은 본발명의 "생 데이터 처리" 루틴(58)에 의하여 처리될 수 있는 포스트 필터링된 샘플 값을 포함하는 예시적인 파형을 도시한다. 샘플 점(302)는 시간 t 에서 샘플링된 $Df2(t)$ (또는 기울기 모드가 선택된 경우 그 도함수)에 대한 값을 나타낸다. 잡음이나 기타의 인위적인 것의 결과로 $Df2(t)$ (또는 그 도함수)의 값은 약간의 짧은 시간 주기 동안 사전 특정된 임계치(300)를 초과할 수 있다. 만약 종래기술의 방법(도 6)의 종래기술 "종료점?" 루틴(60)이 이 경우에 실시되었다면, 검출되는 종료점이 미성숙하여 예침 공정이 미완성으로 종료될 것이다.

<67> 본발명의 개선된 "종료점?" 루틴(60)은 도 9 내지 도 12에 설명되어 있다. 본발명의 방법에 있어서, 3개의 모드 중 하나가 소망의 종료점을 특정하기 위하여 선택될 수 있다. 모드1 루틴(130)은, 도 10에 나타난 바와 같이, 도 8의 영역(304)에 특정되는 종료점의 검출에 사용된다. 모드2 루틴(152)은, 도 11에 나타난 바와 같이, 도 8의 영역(306)에 특정되는 종료점의 검출에 사용된다. 모드3 루틴(172)은, 도 12에 나타난 바와 같이, 도 8의 영역(308)에 특정되는 종료점의 검출에 사용된다.

<68> 그러므로, 검출되는 종료점의 설정에 있어서, 공정 엔지니어는 임계치 뿐만 아니라 모드 및 지연 카운트(k) 라고 불리는 파라미터도 특정한다. 모드를 특정하는 것은 종료점이 검출되어야 하는 출력 파형의 영역을 특정한다. 지연 카운트(k)의 특정은, 모드에 의하여 정의되는 영역 내에 위치하는 특정한 특성을 가지는 연속적인 샘플의 수를 정의한다. 따라서, 도 8의 파형의 영역(304)에서 종료점을 검출하는 마이크로 컨트롤러에 대하여, 마이크로 컨트롤러는 임계치를 초과하고, 연속적으로 그 값이 증가하는 $Df2(t)$ (또는 기울기 모드가 선택된 경우 그 도함수)의 k 연속적인 값과 만나야 한다. 도 8의 파형의 영역(306)에서 종료점을 검출하는 마이크로 컨트롤러에 대하여, 마이크로 컨트롤러는 임계치보다 크고, 연속적으로 그 값이 감소하는 k 연속적인 샘플들과 만나야 한다. 도 8의 파형의 영역(308)에서 종료점을 검출하는 마이크로 컨트롤러에 대하여, 마이크로 컨트롤러는 임계치의 이하이고, 서로에 대하여 연속적으로 그 값이 감소하며, k 샘플들에 앞서서 일정 시간 t 에서 $Df2(t)$ 의 값이 임계치(300)를 초과한 적이 있어야 하는, $Df2(t)$ 또는 그 도함수의 k 연속적인 값과 만나야 한다. 따라서, k 가 30이상으로 특정되면, 본발명의 "종료점?" 루틴(60)은 도 8의 파형의 영역(310)에 대하여는 종료점을 검출하지 않을 것이다. $Df2(t)$ (또는 그 도함수)의 값이 임계치(300)를 초과하였지만, 샘플의 수는 3과 같은 지연 카운트(k)와 같거나

그것을 초과하지 않는다.

<69>

최적의 지연 카운트(k)가 표본 추출률 및 잡음 스파이크(spike)의 폭에 의존할 것이라는 것은 본 분야의 당업자에 의하여 인식될 것이다. 더욱이, 종료점 검출의 개선된 방법은 정확하고 신뢰성 있는 종료점 검출을 확실히하기 위하여 부가적인 잡음 제거특성을 제공할 뿐만 아니라, 종료점이 발생되어야 하는 곳을 정확히 특정함에 있어서 더욱 큰 유연성을 공정 엔지니어에게 제공한다. 본발명의 장치는 에칭 시스템에서 처리되는 웨이퍼의 각 단위량에 대하여 종료점 검출 과정에 의하여 발생하는 데이터를 저장하여 위하여 충분한 메모리가 제공된다. 이들 결과들은, 종료점에 대한 최적 지점이 경험적으로 유도되도록 반도체 회로의 성능을 측정하는 실제의 공정 파라미터와 상관관계지어 질 수 있다. 본발명의 개선된 방법은 종료점 위치에 대한 매우 정밀한 조정이 가능한 능력을 공정 엔지니어에게 제공한다. 다른 방법으로, 공정엔지니어는 종료점의 검출을 위하여 하나의 임계치에 의존할 필요는 없으며, 표본 추출 주기와 같이 작은 변화에 따라 시간에 맞추어 종료점을 이동시키고 에칭 시간 자체를 조정할 수 있다.

<70>

도 13은 본발명의 방법에 대한 "파라미터 및 모드 설정" 루틴(52)을 도시한다. 개선된 방법은 도면에 지시된 부가적인 파라미터들의 특성을 요구한다. 단계(220)에서, 공정 엔지니어는 지연 또는 차폐 시간 t_0 뿐만 아니라, 평균 정규화 값 D_{an} 이 계산되는 시간을 정의하는 정규화 시간 t_N 도 설정하여야 한다. 단계(224)는, 공정 엔지니어가, 상술한바와 같이, 종료점이 특정되어야 하는 포스트 필터링된 출력파형의 영역을 정의하는 종료점 검출의 모드를 특정하도록 요구한다. 단계(226)는 공정 엔지니어가, 종료점의 인식 전에 마이크로 컨트롤러가 선택된 모드의 적합한 특성을 가지는 연속적인 샘플들을 얼마만큼 만나야 하는 가를 정의하기 위하여 지연 카운트(k)도 설정하여야 함을 지시한다. 단계(228)은 개선된 정규화 및 종료점 검출 루틴에서 사용되는 파라미터 N 및 S를 설정한다.

<71>

도 14는 본발명의 방법의 장점의 부가적인 도시를 제공한다. 도 14는 모드1의 설정 및 지연 카운트(k)를 3과 같게 함에 의하여 특정되는 종료점인 시간 t_{11} 에서의 종료점 검출을 도시한다. 본발명의 방법은 잡음 스파이크(400)이나 국부적인 최대치(402)에 의하여 오류가 발생하지 않고 에칭 공정의 종료점에 종료점(404)에 도달하기 전까지 기다린다.

산업상이용가능성

<72>

명세서에 기재된 바와 같이, 본발명은 플라즈마 에칭과 같은 공정의 종료점을, 신호 대 잡음비를 저하시키는 조건하에서 정확하고 신뢰성 있게 특정하고 검출하는 개선된 방법이다. 본발명의 방법은 낮은 신호 대 잡음비의 환경하에서 정확하고 신뢰성 있게 종료점을 검출하지 못하는 종료점 검출의 공자의 종래기술의 방법에 대하여 개선된 것이다. 본발명의 방법은 종래기술의 공정의 실시를 위하여 본분야에서 현재 사용되는 장치를 사용하여 실시될 수 있다. 본발명의 개선된 방법은 종래기술의 방법으로 가능한 것보다 더 큰 잡음 제거를 제공하는 종료점 특정 및 검출에 유일하고 새로운 접근을 구현한다. 상기 종료점 특정 및 검출에 유일하고 새로운 접근은 다른 공정에서도 응용될 것임이 고려되어야 한다. 예를 들면, 본발명의 방법은, 증착이나, 화학증의 광 방출이 그 농도의 수준을 결정하기 위하여 측정되고, 시스템의 잡음이 관심의 대상이 되는 신호를 능가할 정도로 화학증의 양이 작은 기타의 다른 공정에 적용될 수 있다. 본발명은 예시적인 도 1 내지 도 14를 참조하여 설명되었지만, 다수의 변형 내지 선택이 상기의 설명의 범주내에서 가능함이 명백할 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

10이상의 화학증의 광 방출이 그 농도의 수준을 결정하기 위해 측정되는 화학 공정을 종료하기 위한 종료점을 검출하는 방법에 있어서,

강도를 나타내는 아날로그 신호의 형태로 상기 10이상의 화학증의 상기 광 방출의 강도를 그 시점에 개별적으로 검출하도록 배치된 10이상의 채널의 각각을 통하여 아날로그 신호를 검출하는 단계;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 단계;

상기 샘플링 단계 동안 핵업된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 단계;

1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 단계;

단일의 상호 상관 값을 생성하기 위해 채널 모두에 대하여 정규화된 디지털 값을 상호 상관시키는 단계;

잡음을 더 감소시키기 위해 상호 상관 값을 포스트 필터링하는 단계;

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 소정 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 증가할 때까지 상기 검출 단계, 샘플링 단계, 프리 필터링 단계, 정규화 단계, 상호 상관 단계, 및 포스트 필터링 단계를 반복하는 단계; 및

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 증가하는 시점을 상기 종료점으로서 특정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

10이상의 화학증의 광 방출이 그 농도의 수준을 결정하기 위해 측정되는 화학 공정을 종료하기 위한 종료점을 검출하는 방법에 있어서,

강도를 나타내는 아날로그 신호의 형태로 상기 1이상의 화학종의 상기 광 방출의 강도를 그 시점에 개별적으로 검출하도록 배치된 1이상의 채널의 각각을 통하여 아날로그 신호를 검출하는 단계;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 단계;

상기 샘플링 단계 동안 학습된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 단계;

1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 단계;

단일의 상호 상관 값을 생성하기 위해 채널 모두에 대하여 정규화된 디지털 값을 상호 상관시키는 단계;

잡음을 더 감소시키기 위해 상호 상관 값을 포스트 필터링하는 단계;

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 소정 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 감소할 때까지 상기 검출 단계, 샘플링 단계, 프리 필터링 단계, 정규화 단계, 상호 상관 단계, 및 포스트 필터링 단계를 반복하는 단계; 및

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 감소하는 시점을 상기 종료점으로서 특정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

1이상의 화학종의 광 방출이 그 농도의 수준을 결정하기 위해 측정되는 화학 공정을 종료하기 위한 종료점을 검출하는 방법에 있어서,

강도를 나타내는 아날로그 신호의 형태로 상기 1이상의 화학종의 상기 광 방출의 강도를 그 시점에 개별적으로 검출하도록 배치된 1이상의 채널의 각각을 통하여 아날로그 신호를 검출하는 단계;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 단계;

상기 샘플링 단계 동안 학습된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 단계;

1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 단계;

단일의 상호 상관 값을 생성하기 위해 채널 모두에 대하여 정규화된 디지털 값을 상호 상관시키는 단계;

잡음을 더 감소시키기 위해 상호 상관 값을 포스트 필터링하는 단계;

소정 임계치를 적어도 한번 초과한 후에 연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치 아래로 떨어지는 동시에 연속적으로 크기가 감소할 때까지 상기 검출 단계, 샘플링 단계, 프리 필터링 단계, 정규화 단계, 상호 상관 단계, 및 포스트 필터링 단계를 반복하는 단계; 및

상기 임계치를 적어도 한번 초과한 후에 연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치 아래로 떨어지는 동시에 연속적으로 크기가 감소하는 시점을 상기 종료점으로서 특정하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 1이상의 채널은 상기 1이상의 화학종의 상기 광 방출에 관련된 모든 주파수에 걸쳐 전체 광 방출의 강도를 아날로그 신호의 형태로 검출하도록 배치된 부가적인 채널을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 정규화 단계는 프리 필터링된 디지털 값을 각각을 당해 채널에 대한 평균 정규화 값을 나눔으로써 1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 단계이고,

상기 방법은 상기 검출 단계 중 최초 단계 전에 1채널씩 평균 정규화 값을 유도하는 단계를 더 포함하고, 평균 정규화 값을 유도하는 상기 단계는

상기 1이상의 채널의 각각을 통하여 상기 아날로그 신호를 검출하는 하위단계;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값을 변환하기 위해 상기 소정의 표본 추출률로 1채널씩 검출의 하위단계에서 검출된 아날로그 신호를 샘플링하는 하위단계;

샘플링의 하위단계 동안 학습된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 샘플링의 하위단계에서 획득된 디지털 값을 프리 필터링하는 하위단계;

시간의 소정 주기가 경과할 때까지 상기 검출의 하위단계, 샘플링의 하위단계, 및 프리 필터링의 하위단계를 반복하는 하위단계; 및

채널의 각각에 대하여 평균 정규화 값을 결정하기 위해 1채널씩 시간의 소정 주기 동안 획득된 일련의 프리 필터링된 디지털 값을 평균화하는 하위단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 화학 공정은 종료점을 검출하기 위해 10이상의 발전된 화학종의 광 방출이 측정되는 예칭 공정인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

10이상의 화학종의 광 방출이 그 농도의 수준을 결정하기 위해 측정되는 화학 공정을 종료하기 위한 종료점을 검출하는 시스템에 있어서,

강도를 나타내는 아날로그 신호의 형태로 상기 10이상의 화학종의 상기 광 방출의 강도를 그 시점에 개별적으로 검출하도록 배치된 10이상의 채널의 각각을 통하여 아날로그 신호를 검출하는 수단;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 수단;

상기 샘플링 수단에 의해 핵업된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 수단;

1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 수단;

단일의 상호 상관 값을 생성하기 위해 채널 모두에 대하여 정규화된 디지털 값을 상호 상관시키는 수단;

잡음을 더 감소시키기 위해 상호 상관 값을 포스트 필터링하는 수단;

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 소정 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 증가할 때까지 상기 검출 수단, 샘플링 수단, 프리 필터링 수단, 정규화 수단, 상호 상관 수단, 및 포스트 필터링 수단을 반복적으로 동작시키는 수단; 및

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 증가하는 시점을 상기 종료점으로서 특정하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 8

10이상의 화학종의 광 방출이 그 농도의 수준을 결정하기 위해 측정되는 화학 공정을 종료하기 위한 종료점을 검출하는 시스템에 있어서,

강도를 나타내는 아날로그 신호의 형태로 상기 10이상의 화학종의 상기 광 방출의 강도를 그 시점에 개별적으로 검출하도록 배치된 10이상의 채널의 각각을 통하여 아날로그 신호를 검출하는 수단;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 수단;

상기 샘플링 수단에 의해 핵업된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 수단;

1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 수단;

단일의 상호 상관 값을 생성하기 위해 채널 모두에 대하여 정규화된 디지털 값을 상호 상관시키는 수단;

잡음을 더 감소시키기 위해 상호 상관 값을 포스트 필터링하는 수단;

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 소정 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 감소할 때까지 상기 검출 수단, 샘플링 수단, 프리 필터링 수단, 정규화 수단, 상호 상관 수단, 및 포스트 필터링 수단을 반복적으로 동작시키는 수단; 및

연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치를 초과하는 동시에 연속적으로 크기가 감소하는 시점을 상기 종료점으로서 특정하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 9

10이상의 화학종의 광 방출이 그 농도의 수준을 결정하기 위해 측정되는 화학 공정을 종료하기 위한 종료점을 검출하는 시스템에 있어서,

강도를 나타내는 아날로그 신호의 형태로 상기 10이상의 화학종의 상기 광 방출의 강도를 그 시점에 개별적으로 검출하도록 배치된 10이상의 채널의 각각을 통하여 아날로그 신호를 검출하는 수단;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 수단;

상기 샘플링 수단에 의해 핵업된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 수단;

1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 수단;

단일의 상호 상관 값을 생성하기 위해 채널 모두에 대하여 정규화된 디지털 값을 상호 상관시키는 수단;

잡음을 더 감소시키기 위해 상호 상관 값을 포스트 필터링하는 수단;

소정 임계치를 적어도 한번 초과한 후에 연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치 아래로 떨어지는 동시에 연속적으로 크기가 감소할 때까지 상기 검출 수단, 샘플링 수단, 프리 필터링 수단, 정규화 수단, 상호 상관 수단, 및 포스트 필터링 수단을 반복적으로 동작시키는 수단; 및

상기 임계치를 적어도 한번 초과한 후에 연속적인 시점에 대한 연속적인 포스트 필터링된 값 또는 그 미분계수의 소정 수가 상기 임계치 아래로 떨어지는 동시에 연속적으로 크기가 감소하는 시점을 상기 종료점으로서 특정하는 수단;을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 10

제 7 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 10이상의 채널은 상기 10이상의 화학종의 상기 광 방출에 관련된 모든 주파수에 걸쳐 전체 광 방출의 강도를 아날로그 신호의 형태로 검출하도록 배치된 부가적인 채널을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 11

제 7 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 정규화 수단은 프리 필터링된 디지털 값의 각각을 당해 채널에 대한 평균 정규화 값으로 나눔으로써 1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 수단이고,

상기 시스템은

상기 10이상의 채널의 각각을 통하여 상기 아날로그 신호를 검출하는 상기 검출 수단을 동작시키고;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 상기 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 상기 샘플링 수단을 동작시키고;

상기 샘플링 수단에 의해 핵업된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 상기 프리 필터링 수단을 동작시키고;

시간의 소정 주기가 경과할 때까지 상기 검출 수단, 샘플링 수단, 및 프리 필터링 수단을 반복적으로 동작시키고;

채널의 각각에 대하여 평균 정규화 값을 결정하기 위해 1채널씩 시간의 상기 소정 주기 동안 획득된 일련의 프리 필터링된 디지털 값을 평균화함으로써; 종료점의 검출을 위해 처음으로 상기 검출 수단이 동작하기 전에 1채널씩 평균 정규화 값을 유도하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 12

제 7 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 화학 공정은 종료점을 검출하기 위해 10이상의 발전된 화학종의 광 방출이 측정되는 예칭 공정인 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 13

제 4 항에 있어서, 상기 정규화 단계는 프리 필터링된 디지털 값의 각각을 당해 채널에 대한 평균 정규화 값으로 나눔으로써 1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 단계이고,

상기 방법은 상기 검출 단계 중 최초 단계 전에 1채널씩 평균 정규화 값을 유도하는 단계를 더 포함하고, 평균 정규화 값을 유도하는 상기 단계는

상기 10이상의 채널의 각각을 통하여 상기 아날로그 신호를 검출하는 하위단계;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 상기 소정의 표본 추출률로 1채널씩 검출의 하위단계에서 검출된 아날로그 신호를 샘플링하는 하위단계;

샘플링의 하위단계 동안 핵업된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 샘플링의 하위단계에서 획득된 디지털 값을 프리 필터링하는 하위단계;

시간의 소정 주기가 경과할 때까지 상기 검출의 하위단계, 샘플링의 하위단계, 및 프리 필터링의 하위단계를 반복하는 하위단계; 및

채널의 각각에 대하여 평균 정규화 값을 결정하기 위해 1채널씩 시간의 소정 주기 동안 획득된 일련의 프리 필터링된 디지털 값을 평균화하는 하위단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제 4 항에 있어서, 상기 화학 공정은 종료점을 검출하기 위해 10이상의 발전된 화학종의 광 방출이 측정되는 예칭 공정인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제 5 항에 있어서, 상기 화학 공정은 종료점을 검출하기 위해 10이상의 발전된 화학종의 광 방출이 측정되는 예칭 공정인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제 10 항에 있어서, 상기 정규화 수단은 프리 필터링된 디지털 값의 각각을 당해 채널에 대한 평

균 정규화 값으로 나눔으로써 1채널씩 프리 필터링된 디지털 값을 정규화하는 수단이고,

상기 시스템은

상기 10이상의 채널의 각각을 통하여 상기 아날로그 신호를 검출하는 상기 검출 수단을 동작시키고;

아날로그 신호의 각각을 디지털 값으로 변환하기 위해 상기 소정의 표본 추출률로 1채널씩 아날로그 신호를 샘플링하는 상기 샘플링 수단을 동작시키고;

상기 샘플링 수단에 의해 핵업된 잡음의 일부를 제거하기 위해 1채널씩 디지털 값을 프리 필터링하는 상기 프리 필터링 수단을 동작시키고;

시간의 소정 주기가 경과할 때까지 상기 검출 수단, 샘플링 수단, 및 프리 필터링 수단을 반복적으로 동작시키고;

채널의 각각에 대하여 평균 정규화 값을 결정하기 위해 1채널씩 시간의 상기 소정 주기 동안 획득된 일련의 프리 필터링된 디지털 값을 평균화함으로써; 종료점의 검출을 위해 처음으로 상기 검출 수단이 동작하기 전에 1채널씩 평균 정규화 값을 유도하는 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

청구항 17

제 10 항에 있어서, 상기 화학 공정은 종료점을 검출하기 위해 10이상의 발전된 화학종의 광 방출이 측정되는 예칭 공정인 것을 특징으로 하는 시스템.

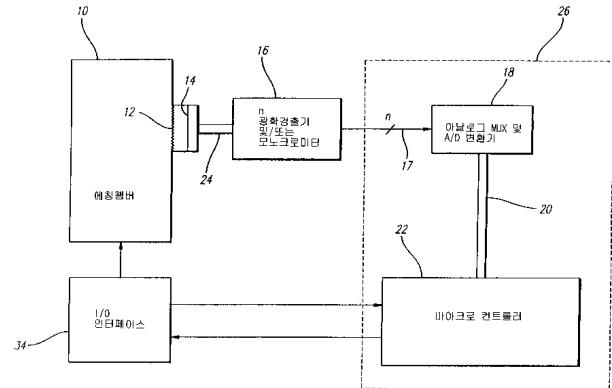
청구항 18

제 11 항에 있어서, 상기 화학 공정은 종료점을 검출하기 위해 10이상의 발전된 화학종의 광 방출이 측정되는 예칭 공정인 것을 특징으로 하는 시스템.

요약

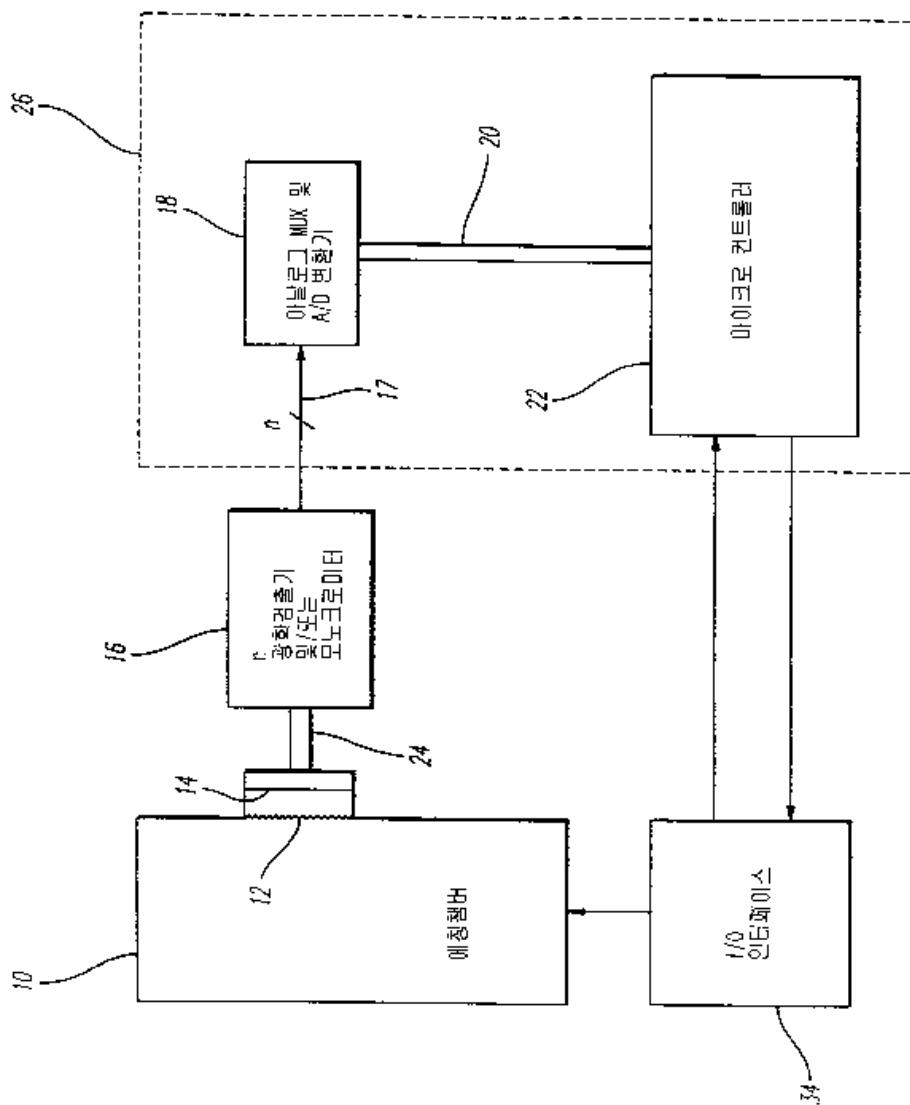
본발명은, "흐려진 창" 및 비반응 표면적에 대한 반응 표면적의 낮은 비율 등의 인자에 기인하여 신호 대 잡음비가 매우 저하된, 플라즈마 예칭과 같은 공정에 있어서, 종료점을 특정하고 신뢰성 있게 검출하는 개선된 방법을 제공한다. 본발명의 개선된 방법은 광 감지 장치에 의하여 생성된 신호를 샘플링하고, 디지털적으로 필터링하고, 데이터를 상호 상관시키고, 평균 정규화 값을 사용하여 정규화시키고, 종료점 특정 및 검출의 3개의 모드의 사용을 통하여 잡음의 감소를 제공한다. 종료점 특정 및 검출의 3개의 모드는, 종료점이 검출된 것으로 간주되어 공정이 결과적으로 종료되기 전에 특정한 특성을 보이는 연속적인 샘플들의 사전 설정된 수를 필요로 한다. 종료점 특정 및 검출의 3개의 모드는, 사용자가 표본 추출 주기의 변화에 의하여 특정된 종료점을 조정할 수 있도록 함에 의하여 예칭 시간의 매우 미세한 제어를 또한 하용한다. 본발명의 개선된 방법은 공지의 장치상에 실시될 수 있다.

대표도

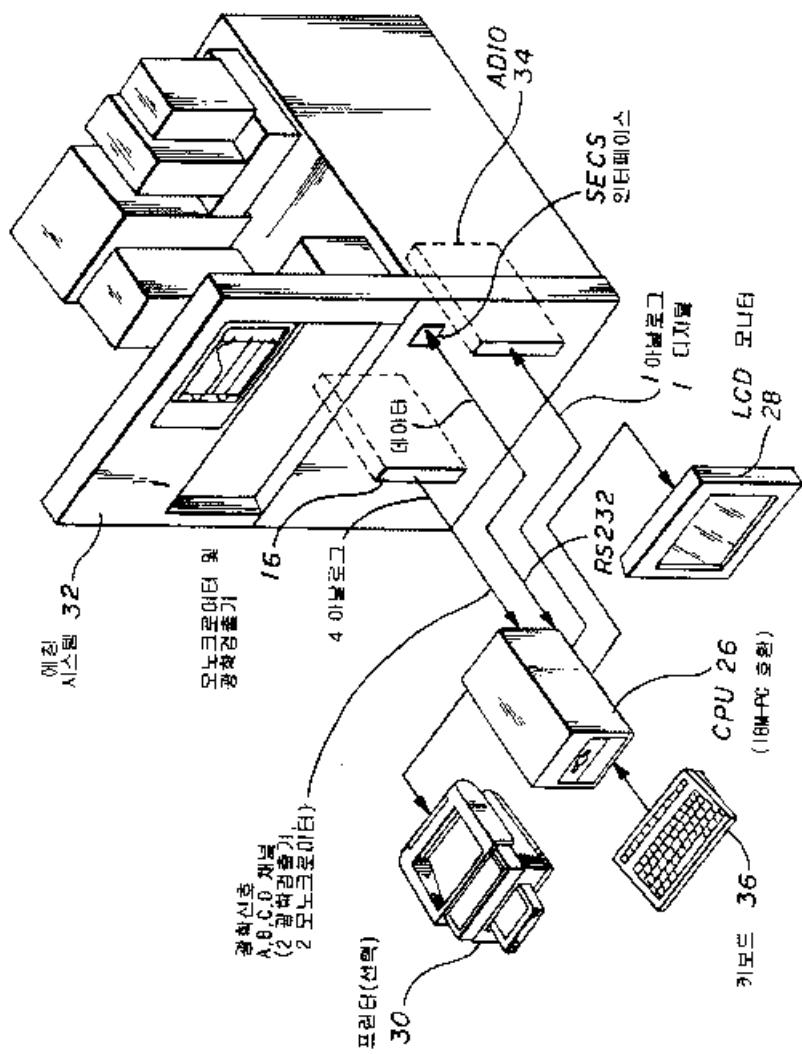


도면

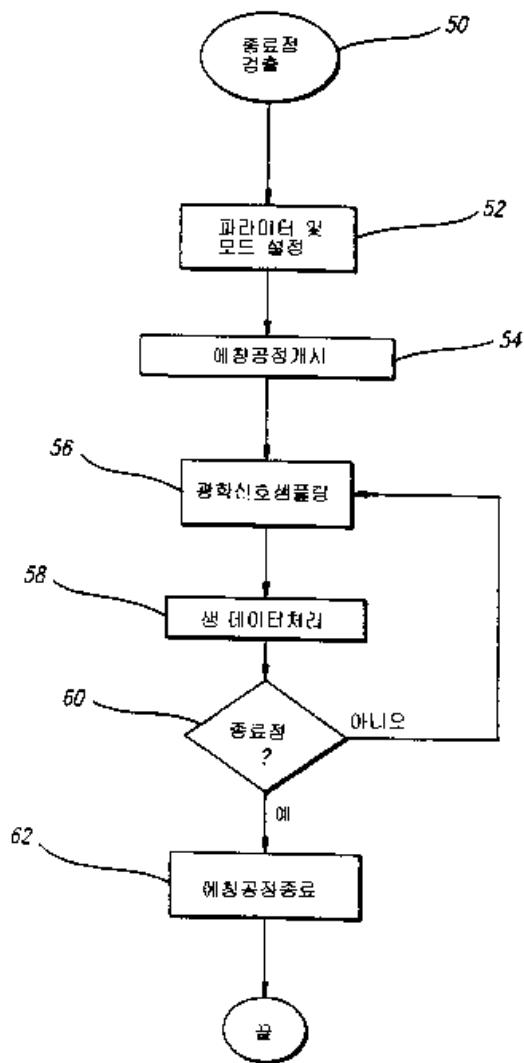
도면1



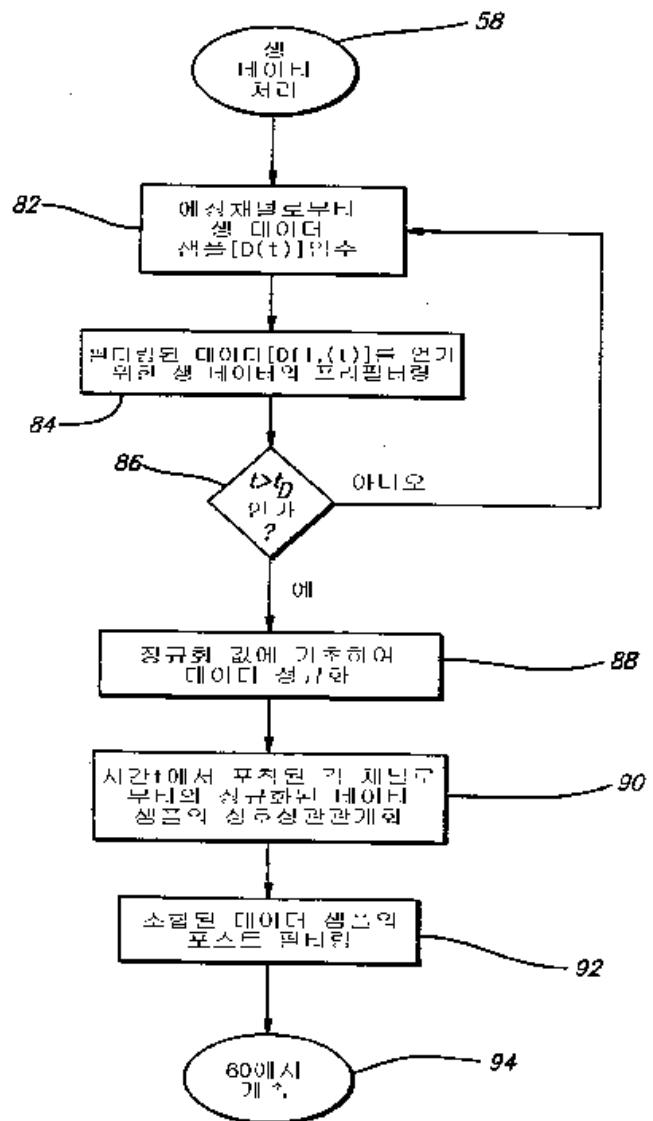
도면2



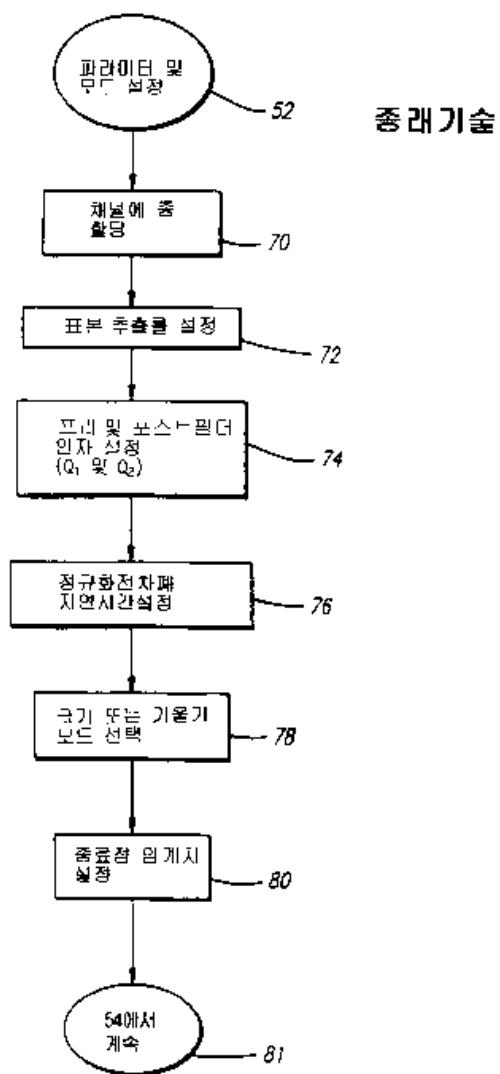
도면3



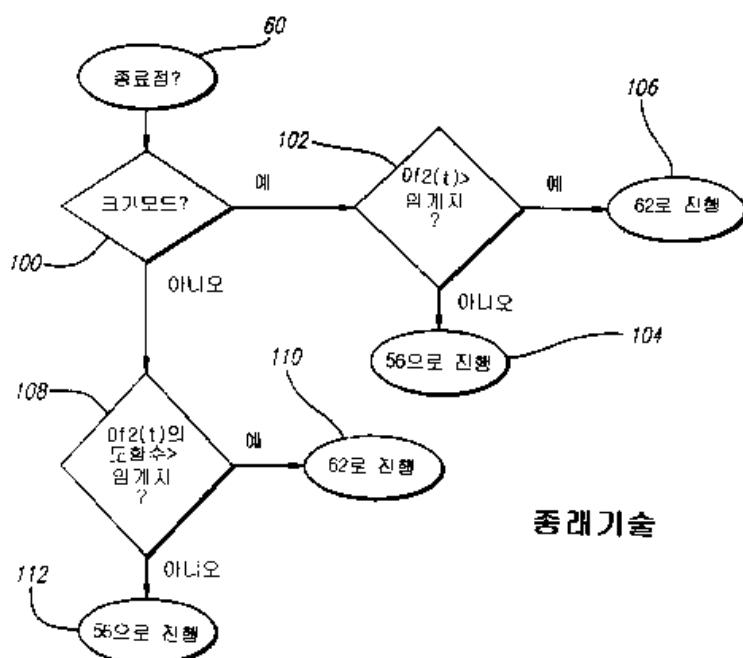
도면4



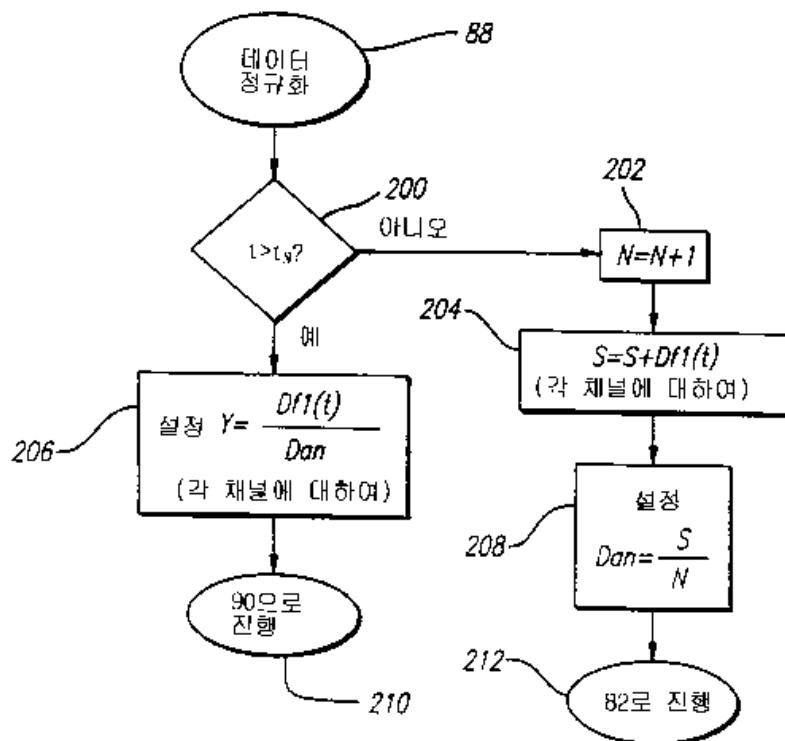
도면5



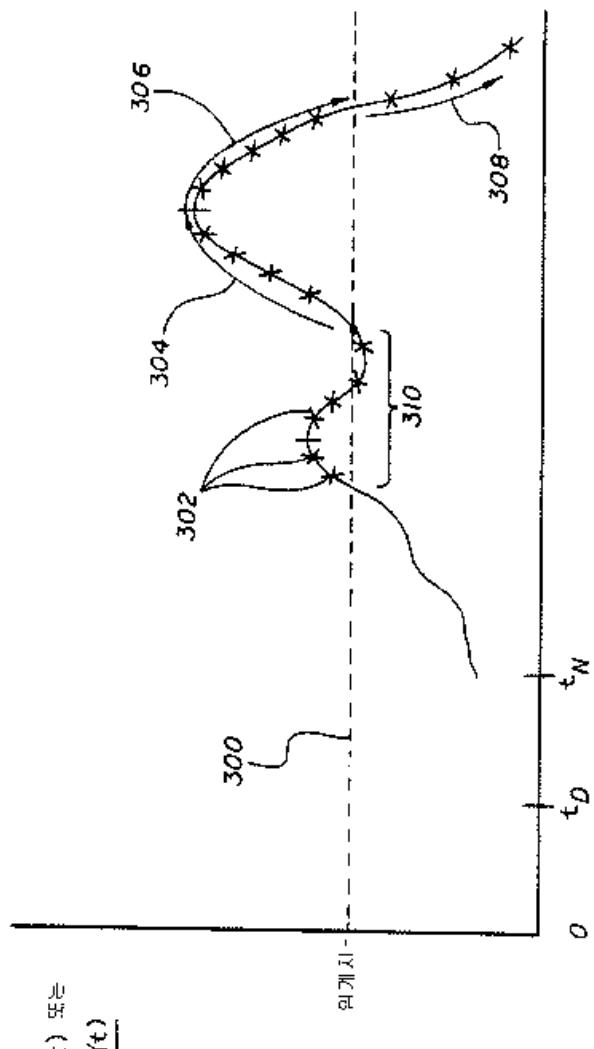
도면6



도면7

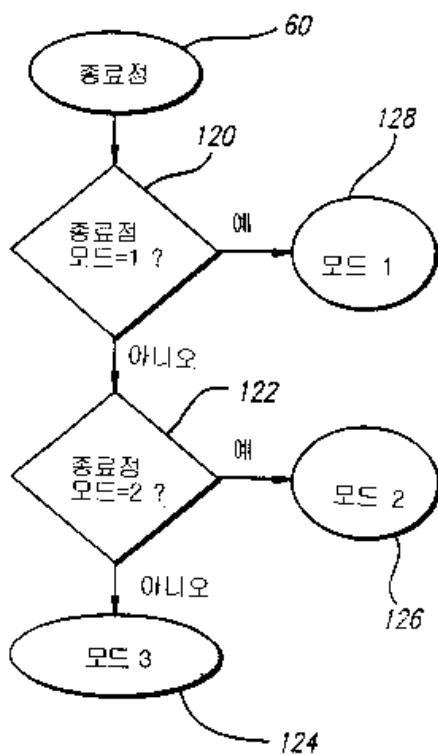


도면8

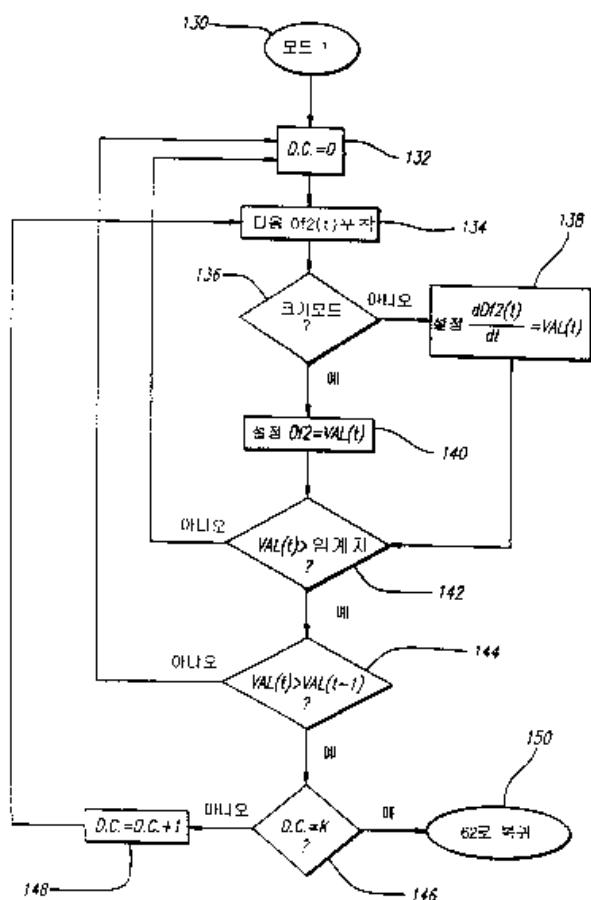


$$\frac{dDf_2(t)}{dt}$$

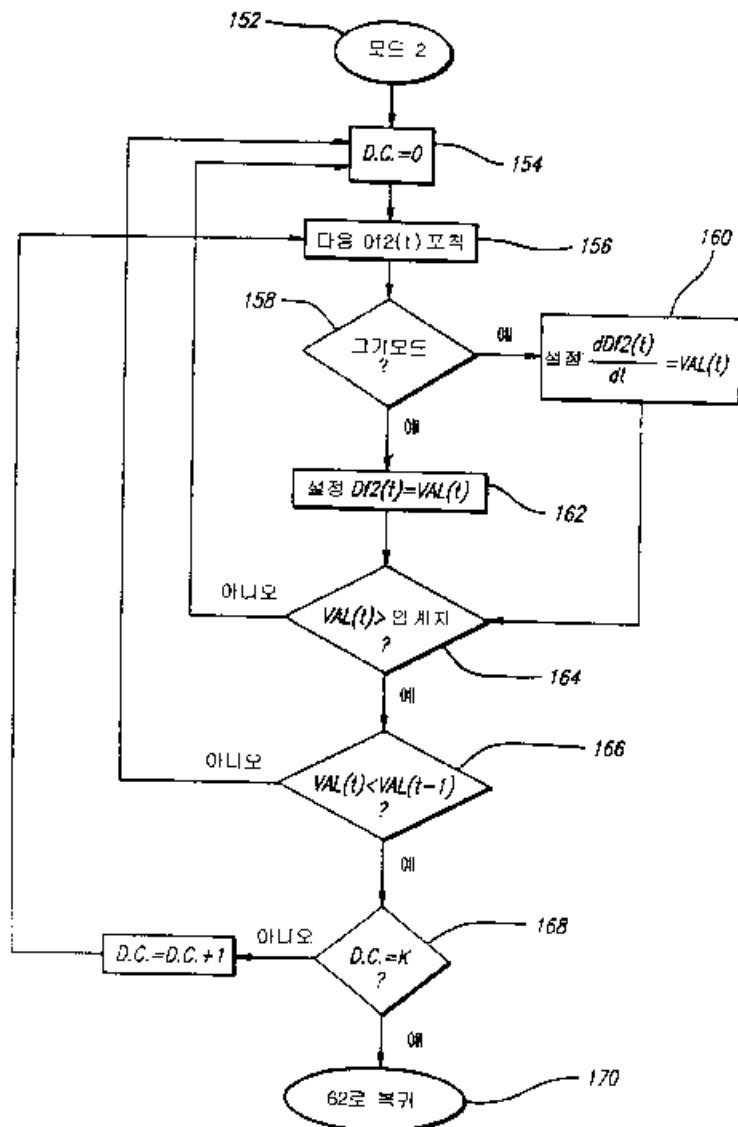
도면9



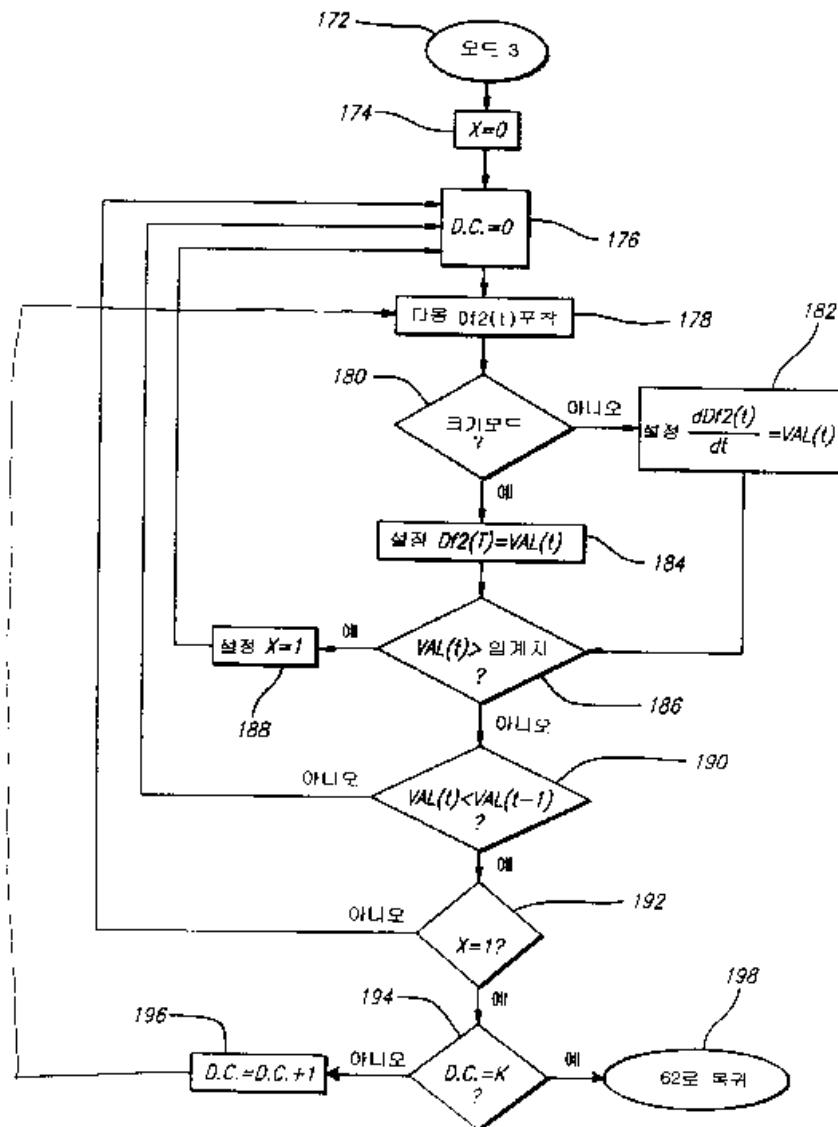
도면10



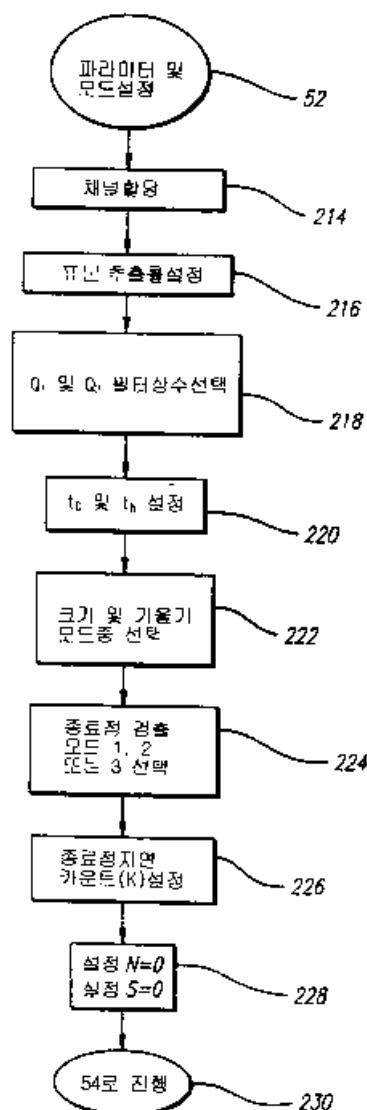
도면11



도면12



도면13



도면14

