



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

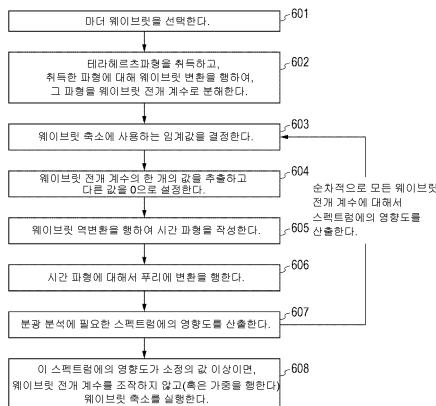
(45) 공고일자 2013년09월03일
(11) 등록번호 10-1300551
(24) 등록일자 2013년08월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 29/08 (2006.01) *G01N 21/35* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2010-0137406
(22) 출원일자 2010년12월29일
심사청구일자 2011년12월29일
(65) 공개번호 10-2011-0081764
(43) 공개일자 2011년07월14일
(30) 우선권주장
JP-P-2010-002482 2010년01월08일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
C. Taswell, "The what, how, and why of wavelet shrinkage denoising", Computing in Science & Engineering, Vol.2, No.3, pp.12-19(2000.05)
S. Mickan 외 4명, "Analysis of system trade-offs for terahertz imaging", Microelectronics Journal, Vol.31, No.7, pp.503-514(2000.07.30.)
JP2008001785 A
JP평성09211040 A
- (73) 특허권자
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고
(72) 발명자
시오다 미치노리
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3조메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 나이
(74) 대리인
권태복
- 전체 청구항 수 : 총 9 항
- 심사관 : 윤지영

(54) 발명의 명칭 전자파의 측정 방법 및 측정 장치

(57) 요 약

파형 취득 유닛은 전자파의 시간 파형을 취득한다. 이 시간 파형을 웨이브릿 변환에 의해 웨이브릿 전개 계수로 분해한다. 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도를 산출한다. 적어도 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 웨이브릿 전개 계수를 가중시킨다. 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환한다. 이것에 의해, 분광 분석에 필요한 스펙트럼 정보를 보유하고 노이즈가 감소한 시간 파형을 제공한다.

대 표 도 - 도6

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

전자파를 측정하기 위한 전자파 측정 방법으로서,

전자파의 시간 파형을 취득하는 단계와,

웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 파형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 단계와,

각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 단계와,

적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 단계와,

상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환하는 단계와,

측정물마다의 가중에 의해 취득된 웨이브릿 전개 계수의 웨이트(weights)를 데이터베이스로서 보존하는 단계와,

상기 측정물에 의존해 상기 웨이브릿 전개 계수의 웨이트를 조정하는 단계를 포함하고,

상기 변환단계에 있어서, 상기 조정단계에 의해 웨이트가 조정된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환하는, 전자파 측정 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 가중단계에 있어서, 상기 웨이브릿 변환이 사용하는 임계값과 상기 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는, 전자파 측정 방법.

청구항 4

전자파를 측정하기 위한 전자파 측정 방법으로서,

전자파의 시간 파형을 취득하는 단계와,

웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 파형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 단계와,

각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 단계와,

적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 단계와,

상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환하는 단계를 포함하고,

상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도의 산출은,

상기 분해한 웨이브릿 전개 계수로부터 1개의 값을 추출하고,

상기 1개의 값을 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 복원하며,

취득한 시간 파형을 푸리에 변환에 의해 변환하고,

적어도 1개의 주파수의 신호 강도를 더해서 값을 산출하며,

이 산출을 상기 각 웨이브릿 전개 계수에 대해 반복하는 것을 포함하는, 전자파 측정 방법.

청구항 5

전자파를 측정하기 위한 전자파 측정 방법으로서,

전자파의 시간 과형을 취득하는 단계와,

웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 과형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 단계와,

각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 단계와,

적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 단계와,

상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 변환하는 단계를 포함하고,

상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도의 산출은

미리 분해해 둔 웨이브릿 전개 계수의 1개의 값을 추출하고,

그 값을 규격화하며,

그 규격화한 값을 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 복원하고,

취득한 시간 과형을 푸리에 변환에 의해 변환하며,

적어도 1개의 주파수의 신호 강도를 더해서 값을 산출하고,

이 산출을 상기 각 웨이브릿 전개 계수에 대해 반복하는 것을 포함하는, 전자파 측정 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 적어도 1개의 주파수의 신호 강도를 더해 얻은 값을, 주파수의 신호 강도를 주파수마다 가중시키고 그 신호 강도를 더함으로써 취득된 값인, 전자파 측정 방법.

청구항 7

제 2 항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전자파는, 30GHz로부터 30THz까지의 범위 내의 주파수 성분을 포함한 테라헤르츠파인, 전자파 측정 방법.

청구항 8

전자파를 측정하기 위한 전자파 측정 장치로서,

전자파의 시간 과형을 취득하는 과형 취득 유닛과,

웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 과형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 분해 유닛과,

각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 산출 유닛과,

적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 가중 유닛과,

상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 변환하는 변환 유닛과,

측정물마다의 가중에 의해 취득된 웨이브릿 전개 계수의 웨이트(weights)를 데이터베이스로서 보존하는 보존 유

닛파,

상기 측정물에 의존해 상기 웨이브릿 전개 계수의 웨이트를 조정하는 조정 유닛을 포함하고,

상기 변환 유닛은, 상기 조정 유닛에 의해 웨이트가 조정된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 변환하는, 전자파 측정장치.

청구항 9

전자파를 측정하기 위한 전자파 측정장치로서,

전자파의 시간 과형을 취득하는 과형 취득 유닛과,

웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 과형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 분해 유닛과,

각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 산출 유닛과,

적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 가중 유닛과,

상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 변환하는 변환 유닛을 구비하고,

상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도의 산출은,

상기 분해한 웨이브릿 전개 계수로부터 1개의 값을 추출하고,

상기 1개의 값을 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 복원하며,

취득한 시간 과형을 푸리에 변환에 의해 변환하고,

적어도 1개의 주파수의 신호 강도를 더해서 값을 산출하며,

이 산출을 상기 각 웨이브릿 전개 계수에 대해 반복하는 것을 포함하는, 전자파 측정장치.

청구항 10

전자파를 측정하기 위한 전자파 측정장치로서,

전자파의 시간 과형을 취득하는 과형 취득 유닛과,

웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 과형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 분해 유닛과,

각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 산출 유닛과,

적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 가중 유닛과,

상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 변환하는 변환 유닛을 구비하고,

상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도의 산출은

미리 분해해 둔 웨이브릿 전개 계수의 1개의 값을 추출하고,

그 값을 규격화하며,

그 규격화한 값을 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 복원하고,

취득한 시간 과형을 푸리에 변환에 의해 변환하며,

적어도 1개의 주파수의 신호 강도를 더해서 값을 산출하고,

이 산출을 상기 각 웨이브릿 전개 계수에 대해 반복하는 것을 포함하는, 전자파 측정장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 전자파의 파형 등의 정보를 측정하는 기술에 관한 것으로, 특히 테라헤르츠파(terahertz wave)의 웨이브릿(wavelet) 해석에 의한 신호 처리 기술을 이용한 측정 장치 및 측정 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근, 테라헤르츠파를 이용한 비파괴의 투시 이미징(spectroscopic imaging)과, 테라헤르츠파 펄스를 이용해 물질의 물성 등을 조사하는 테라헤르츠 시간 영역 분광법(THz-TDS)이 활발히 연구되고 있다. 테라헤르츠파를 이용한 이미징의 화상 처리에 관한 방법이, 일본공개특허공보 특개평 10-153547호에 개시되어 있다. 이 방법은 정보 압축이나 피크 검출에 웨이브릿 해석을 이용한다. 또, 테라헤르츠파의 시간 파형을 웨이브릿 변환에 의해 변환하고, 임계값(threshold)보다 작은 웨이브릿 전개 계수의 값 한 세트를 제로로 설정하는 것(임계값 처리)을 포함하는 방법이, Microelectronics Journal 32(2001), pp. 943-953, "De-noising techniques for terahertz responses of biological samples"에 개시되어 있다. 이와 같이 웨이브릿 전개 계수를 조작한 후에 웨이브릿 역변환을 행하는 것으로, 노이즈 성분이 제거된 시간 파형을 취득할 수가 있다. Microelectronics Journal 32(2001), pp. 943-953, "De-noising techniques for terahertz responses of biological samples"에서는, 여러 가지 마더 웨이브릿(mother wavelet)에 대해, 노이즈 성분을 제거한 후의 SN(signal to noise)비를 비교하고, 가장 효율적으로 노이즈 성분을 제거한 마더 웨이브릿을 결정한다. 상기 노이즈 성분은, 주로, 모든 주파수 대역에 나타나는 화이트 노이즈이다. 이 화이트 노이즈의 성분은, 마더 웨이브릿과의 상관이 낮다. 이 때문에, 화이트 노이즈가 각 전개 계수에 대해 제로 부근에 나타난다.

[0003] 상기 종래의 기술에서는, 측정된 테라헤르츠파의 시간 파형의 SN비를 향상시키기 위해서, 웨이브릿 변환(웨이브릿 축소(wavelet shrinkage))을 이용해 노이즈 제거를 하고 있다. 그러나, 이 방법에서는, 신호 처리의 과정에서 물질 분류에 필요한 스펙트럼 정보를 삭제해 버리는 일이 있다. 그 때문에, SN비가 좋은 화상 데이터를 얻는 것만이라면 종래의 방법으로도 충분하다. 그렇지만, 전자파로서 테라헤르츠파를 사용해 화상 취득과 동시에 화상의 물질에 대한 분광 데이터를 취득하는 경우, 신호 처리 후의 테라헤르츠 파형을 물질 분류(분광 분석)에 사용하는 것이 곤란하게 된다.

발명의 내용

[0004] 본 발명의 일 국면에 따른, 전자파를 측정하기 위한 전자파 측정 방법은, 전자파의 시간 파형을 취득하는 단계와, 웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 파형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 단계와, 각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 단계와, 적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 단계와, 상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환하는 단계를 포함한다.

[0005] 본 발명의 또 다른 국면에 따른, 전자파를 측정하기 위한 전자파 측정 장치는, 전자파의 시간 파형을 취득하는 파형 취득 유닛과, 웨이브릿 변환에 의해 상기 전자파의 시간 파형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 분해 유닛과, 각 웨이브릿 전개 계수의 미리 결정된 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도를 산출하는 산출 유닛과, 적어도 상기 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 상기 웨이브릿 전개 계수를 가중시키는 가중 유닛과, 상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환하는 변환 유닛을 구비한다.

[0006] 본 발명의 장치 및 방법에 의하면, 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환한다. 따라서, 분광 분석에 필요한 스펙트럼 정보를 보유하고, 웨이브릿 변환을 사용해 노이즈를 제거할 수 있다. 그 때문에, 예를 들면, 토모그래피(tomography) 등의 테라헤르츠 이미징을 실행했을 때에, 웨이브릿 변환에 의해 이미징 데이터의 SN비를 향상시키는 것과 동시에, 이미징의 대상물의 물질을 분류할 수가 있다.

[0007] 본 발명의 그 외의 특징들은 첨부도면을 참조하면서 이하의 예시적인 실시예로부터 밝혀질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1a 내지 1d는 THz-TDS로 취득한 테라헤르츠파의 시간 파형 등을 나타내는 도면이다.

도 2a 및 2b는 웨이브릿 전개 계수 167(coif4)에 관한 시간 파형과 스펙트럼의 도면이다.

도 3a 및 3b는 임계값 A만을 이용해 웨이브릿 변환을 행한 후의 시간 파형과 이 시간 파형에 대해서 푸리에 변환을 행한 결과를 나타내는 도면이다.

도 4a 및 4b는 임계값 A 및 임계값 B를 이용해 웨이브릿 변환을 행한 후의 시간 파형과 이 시간 파형에 대해서 푸리에 변환을 행한 결과를 나타내는 도면이다.

도 5a 및 5b는 도 1a 및 도 4a의 일부를 각각 확대한 도면이다.

도 6은 본 발명의 제1의 실시예의 플로차트이다.

도 7은 본 발명의 제2의 실시예의 플로차트이다.

도 8a 및 8b는 웨이브릿 전개 계수 200(db10)에 관한 시간 파형과 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

도 9a 및 9b는 웨이브릿 전개 계수 800(db10)에 관한 시간 파형과 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

도 10a 및 10b는 제2의 실시예에 따른 노이즈 제거 후의 시간 파형에 대해서 푸리에 변환을 행한 결과, 및 본 발명의 실시예에 따른 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009]

이하, 본 발명의 실시예에 대해 설명한다. 본 발명의 실시예에 따른 방법 및 장치에서는, 전자파의 시간 파형을 웨이브릿 변환에 의해 신호 처리할 경우에, 분광 분석에 필요한 스펙트럼 정보 등을 보유해 노이즈를 포함한 불 필요한 정보를 제거하기 위해서 다음과 같이 한다. 특히, 전자파의 시간 파형을 취득하고, 이 시간 파형을 웨이브릿 변환에 의해 웨이브릿 전개 계수로 분해한다. 다음에, 각 웨이브릿 전개 계수의 소정의 측정 대역에 있어서의 스펙트럼에의 영향도(influence level)를 산출하고, 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해서 웨이브릿 전개 계수를 가중시킨다. 그리고, 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환한다. 스펙트럼에의 영향도뿐만 아니라, 상기 웨이브릿 변환에 사용하는 임계값도 고려해서 가중(weighting)을 행해도 된다.

[0010]

이 생각에 근거해, 본 발명의 기본적인 실시예에 따른 전자파 측정 방법은, 상기와 같이, 파형 취득 공정과, 분해 공정과, 산출 공정과, 가중 공정과, 변환 공정을 포함한다. 상기 파형 취득 공정에서는, 예를 들면, 전자파로서 테라헤르츠파(30GHz 이상 30THz 이하의 범위 내의 주파수 성분을 포함한 전자파)를 이용하는 경우, THz-TDS에 의해 테라헤르츠파의 시간 파형을 취득한다. 그러나, 이것에 한정하지 않는다. 전자파로서 DC(direct current)로부터 수 GHz 정까지의 범위 내에 있는 전기 신호를 이용하는 경우는, 오실로스코프(oscilloscope)에 의해 시간 파형을 취득해도 된다. 상기 분해 공정에서는, 웨이브릿 전개 계수의 분해 레벨은 자유롭게 선택해도 된다. 일반적으로는, 전개 계수의 수가 많으면 많을수록 세세하게 분해할 수 있다. 웨이브릿 변환에 의한 신호 처리로서 임계값을 이용해 웨이브릿 전개 계수의 값(마더 웨이브릿과의 상관값)을 조작하는 웨이브릿 축소를 이용해도 된다.

[0011]

상기 산출 공정에서는, 각 웨이브릿 전개 계수의, 필요한 스펙트럼 정보에의 영향도를 산출한다. 여기서, 스펙트럼 정보에의 영향도는, 스펙트럼과 웨이브릿 전개 계수와의 밀접도(즉, 흡수 스펙트럼 등의 특징적인 스펙트럼 정보와의 상관의 정도)이다. 예를 들면, 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도를 산출해서, 분해된 전개 계수로부터 한 개의 값만을 추출하고, 그 전개 계수의 푸리에 스펙트럼의 적어도 1개의 주파수의 파워(신호 강도)를 추출한 값에 더한다. 예를 들면, 분광 분석에 필요한 주파수가 0.5THz로부터 0.8THz까지의 범위 내에 있으면, 그 범위 내에서 상기 파워를 서로 더한 값을 영향도로서 이용한다. 다수의 주파수 범위가 필요한 경우에는, 각각의 범위 내의 파워를 서로 더해도 된다. 예를 들면, 분광 분석에 필요한 주파수가 0.1THz로부터 0.5 THz와 1THz로부터 1.5THz이면, 그 범위의 파워를 서로 더하면 된다.

[0012]

또, 미리 분해한 웨이브릿 전개 계수의 하나만을 추출하고, 그 전개 계수의 푸리에 스펙트럼의 적어도 1개의 주파수의 파워를 추출한 값에 더하고, 더한 값을 영향 정보로서 사용한다. 선택하는 주파수는 연속적이지 않아도 된다. 예를 들면, 0.5THz의 주파수만을 사용해도 되고, 또는 0.6THz와 1THz의 2개의 주파수를 사용해도 된다. 이 경우, 웨이브릿 전개 계수 1개만을 추출하고, 그 추출한 전개 계수의 값을 1로 설정해서 규격화를 실시할 수가 있다(1로 규격화). 적어도 1개의 주파수의 파워를 서로 더할 때에, 주파수의 파워를 가중시키고 나서 서로 더하고, 그 값을 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도로서 사용해도 된다. 예를 들면, 어떤 주파수에는 1의 웨이트(weight)를 할당하고, 다른 주파수에는 0.5의 웨이트를 할당한다. 각각의 웨이트와 주파수의 파워를

곱하고, 그 결과의 값을 서로 더해, 그 더한 값을 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도로서 사용해도 된다. 이때, 상기 산출 공정에서 얻은 전자파의 푸리에 스펙트럼의 각 주파수의 파워를, 그대로 가중에 이용할 수도 있다(전술한 방법과 같은 결과를 얻을 수 있다). 본 실시예에서는, 영향도의 결정 방법으로서 파워를 이용하고 있다. 그렇지만, 파워인 복소 진폭뿐만 아니라 위상을 이용해 영향도를 결정해도 된다. 푸리에 변환에서는, 서로 다른 타이밍에서 서로 다른 위상을 갖는 파형은 주파수(스펙트럼)상에서 같게 되지만, 파형으로서는 다르다. 그 때문에, 이들 2개의 파형을 서로 구별해서 웨이트를 할당하기 위해서, 위상 정보를 추가로 이용해도 된다.

[0013] 예를 들면, 다음과 같이 가중을 행해도 된다. 어떤 임계값을 설정하고, 그 임계값보다 작은 웨이브릿 전개 계수를 선택한다. 그리고, 선택된 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도가 어떤 영향도보다 큰지 어떤지를 조사한다. 만약 영향도가 크면, 그 웨이브릿 전개 계수의 값을 0으로 하는 등의 조작은 하지 않는다. 반대로, 선택된 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도가 어떤 영향도보다 작으면, 그 웨이브릿 전개 계수의 값을 0으로 설정한다.

[0014] 이 생각에 근거해, 본 발명의 기본적인 실시예에 따른 전자파 측정 장치는, 파형 취득 유닛과, 분해 유닛과, 산출 유닛과, 가중 유닛과, 변환 유닛을 갖는다. 또한, 이 장치는 보존 유닛과 조정 유닛을 포함할 수도 있다. 영향도는 상기 측정 방법에서 기재한 방법과 같은 식으로 상기 산출 유닛에 의해 결정된다. 상기 가중 유닛에 의해 행해지는 가중 방법도, 상기 측정 방법에서 기재한 방법과 같다. 상기 보존 유닛은, 측정물이나 습도, 기압, 소자 특성 등의 환경조건에 의존해서 할당되는 웨이트를 데이터베이스로서 보존한다. 예를 들면, 습도가 다르면, 같은 샘플을 계측했다고 해도, 계측되는 테라헤르츠파의 시간 파형은 다르게 된다. 그 이유는, 테라헤르츠파는 수분에 흡수되므로, 습도가 높은지 낮은지에 의존해서 미묘하게 수증기의 흡수가 다르기 때문이다. 따라서, 그것에 따라 할당되는 웨이트를 바꾸어서 데이터베이스로서 보존한다. 또, 전자파 발생 소자를 바꾸면(예를 들면, 광전도 소자의 안테나 형상 등을 바꾸면), 전자파의 주파수 특성이 바뀐다. 이 현상은, 주파수를 가중시키는 것에 대응한다. 그래서, 이러한 웨이트를 데이터베이스로서 보존한다. 이와 같게, 미리, 측정물 및 환경 조건에 의존해서 가중을 행한다. 그 결과로 얻은 웨이트를 데이터베이스로서 컴퓨터 내에 보존해 둔다. 예를 들면, 관심이 있는 측정물의 특징인 스펙트럼 영역에는 큰 웨이트를 할당하고, 관심이 없는 환경조건의 특징인 스펙트럼 영역에는 작은 웨이트를 할당한다. 상기 조정 유닛은, 이들의 특징에 따라 웨이브릿 전개 계수의 웨이트를 조정한다. 측정물에 의존해서, 신호 처리할 경우에 사용하는 웨이브릿 전개 계수의 웨이트를 바꾼다. 상기 변환 유닛은, 웨이트가 조정된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환할 수 있다.

[0015] 다음에, 본 발명에 따른 전자파의 측정 장치 및 전자파 측정 방법의 구체적인 실시예에 대해 설명한다.

[0016] (제1의 실시예)

[0017] 이하, 제1의 실시예를 설명한다. 도 1a는 THz-TDS에 의해 취득한 테라헤르츠파의 시간 파형을 나타낸다. 측정 물로서는, 테라헤르츠대의 특징인 스펙트럼을 갖는 말토오스(Maltose)를 사용했다. 이 시간 파형에는, 측정시에, 계측 시스템에 기인하는 시스템 노이즈가 혼입해 있다. 이 실시예에서는, 측정한 데이터 점수는 1000 점이다. 필요에 따라 데이터 점수가 2의 거듭제곱이 되기 위해서, 부족한 데이터에 대해서 제로 패딩(zero padding)을 행한다. 도 1b는, 취득한 시간 파형을 웨이브릿 변환에 의해 웨이브릿 전개 계수로 분해해서 얻은 분포를 나타낸다. 웨이브릿 변환을 행할 때, 예를 들면 마더 웨이브릿으로서 coiflets 4(coif4)를 이용하고, 레벨은 10이다. 도 1b의 웨이브릿 전개 계수를 순차적으로 추출하고, 웨이브릿 역변환을 한다. 이것에 의해, 웨이브릿 전개 계수가 시간 파형으로 복원된다. 그리고, 취득한 시간 파형을 푸리에 변환에 의해 변환한다. 따라서, 그 시간 파형에 대응하는 스펙트럼이 취득된다. 도 1b의 모든 웨이브릿 전개 계수에 대해서 웨이브릿 역변환해서 얻은 시간 파형을 더하면, 도 1a의 시간 파형을 얻을 수 있다.

[0018] 도 2a는, 웨이브릿 전개 계수 167을 웨이브릿 역변환에 의해 복원할 때의 웨이브릿 전개 계수 167에 관한 시간 파형을 나타낸다. 도 2b는 그 시간 파형을 푸리에 변환에 의해 변환할 때의 웨이브릿 전개 계수 167에 관한 스펙트럼을 나타낸다. 도 2b의 종축은 로그 눈금(logarithmic scale)을 갖는다. 도 1c는, 적분하는 주파수 범위를 0.3THz에서 1THz의 범위로 했을 때의 각 웨이브릿 전개 계수와 스펙트럼에의 영향도를 나타낸 것이다. 도 1d는, 도 1c에 있어서 영향도가 큰 것으로부터 순서대로 배열된 경우의 스펙트럼에의 영향도를 나타낸다. 스펙트럼에의 영향도가 큰 웨이브릿 전개 계수의 수를 도 1d로부터 찾아낼 수 있다. 이 실시예에서는, 적분하는 주파수 범위를 1개의 범위로 했다. 그러나, 복수의 범위여도 괜찮다. 또, 단순하게 적분하는 것이 아니라, 주파수마다 시간 파형을 가중시켜서 서로 더하는 것처럼 해도 괜찮다. 예를 들면, 특징적인 스펙트럼을 갖는 주파수 범위의 웨이트는 그 이외의 주파수 범위의 웨이트로부터 변경되어도 된다.

- [0019] 웨이브릿 축소에서는, 임계값을 설정하고, 웨이브릿 전개 계수의 값이 설정한 임계값보다 작으면, 그 값을 0으로 설정한다. 이것에 대해서, 본 실시예에서는, 비록 웨이브릿 전개 계수의 값이, 그 임계값보다 작아도, 도 1c에 나타낸 것처럼, 그 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도가 어떤 값 이상이면, 값을 0으로 설정하지 않는다. 특히, 임계값 A와 임계값 B를 설정한다. 임계값 A는 웨이브릿 전개 계수의 값에 관한 것으로, 웨이브릿 축소로서 알려져 있다. 임계값 B는 스펙트럼에의 영향도에 관한 것으로, 본 실시예에 고유한 것이다. 웨이브릿 전개 계수의 값이 임계값 A보다 작고, 스펙트럼에의 영향도가 임계값 B보다 작은 경우에, 웨이브릿 전개 계수의 값을 0으로 설정한다. 그 이외의 웨이브릿 전개 계수의 값은 그대로 한다. 이 조작은 웨이브릿 전개 계수의 값에 0 혹은 1을 곱한 것에 대응한다. 0 혹은 1로 그 전개 계수를 사용하는지 아닌지를 나타내고 있다.
- [0020] 도 3a는, 임계값 A를 1.4로 설정하고, 비교를 위해 종래의 방법으로 웨이브릿 축소를 행한 결과로서의 웨이브릿 역변환 후의 시간 파형을 나타낸다. 도 3b에 나타낸 굵은 선은 도 3a을 푸리에 변환으로 변환한 결과이다. 도 3b의 가는 선은, 웨이브릿 변환 전에 시간 파형(도 1a의 파형)을 푸리에 변환에 의해 변환한 결과이다. 도 3b의 굵은 선과 가는 선을 비교하는 것으로, 0.4THz 부근에 있던 가는 선의 흡수 스펙트럼이 웨이브릿 변환에 의해 대부분 제거된다는 것을 알 수 있다.
- [0021] 도 4a는, 본 실시예의 방법에 따른 시간 파형을 나타낸다. 특히, 웨이브릿 전개 계수마다 0.3THz에서 1THz까지 범위의 주파수를 적분해, 스펙트럼에의 영향도를 산출한다. 도 4a는, 스펙트럼에의 영향도가 임계값 B 이상인 웨이브릿 전개 계수에 관해서, 임계값 조작을 행하지 않고 웨이브릿 역변환을 행한 후의 시간 파형을 나타낸다. 임계값 A는 1.4이고, 임계값 B는 0.005이다. 도 4b의 굵은 선은, 본 실시예에 있어서 노이즈가 제거된 도 4a의 시간 파형을 푸리에 변환에 의해 변환함으로써 취득된다. 도 4b의 가는 선은 도 3b의 가는 선과 같다. 도 4b의 굵은 선과 가는 선을 비교하면, 말토오스(maltose)의 특징인 0.4THz 부근에 있는 흡수 스펙트럼이 보존되어 있고, 불필요한 정보인 1THz 이상의 범위에 있는 노이즈가 제거되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0022] 도 5a 및 5b는, 도 1a 및 도 4a의 일부를 각각 확대한 도면이다. 도 5a를 참조하면, 노이즈(고주파 노이즈)가 포함되어 있다는 것을 알 수 있다. 한편, 도 5b를 참조하면, 노이즈가 제거되었기 때문에 파형이 매끄럽다는 것을 알 수 있다.
- [0023] 도 6은 이상 말한 처리의 플로차트이다. 스텝 601에서는, 적당한 마더 웨이브릿을 선택한다. 스텝 602에서는, 파형 취득 유닛은 전자파의 시간 파형을 취득한다. 취득한 시간 파형을 웨이브릿 변환에 의해 변환해서, 웨이브릿 전개 계수로 분해한다. 스텝 603에서는, 웨이브릿 변환(웨이브릿 축소)에 사용하는 임계값을 결정한다. 스텝 604에서는, 웨이브릿 전개 계수로부터 1개의 값을 추출하고, 그 외의 웨이브릿 전개 계수의 값을 제로로 설정한다. 스텝 605에서는, 추출한 웨이브릿 전개 계수를, 웨이브릿 역변환에 의해 변환하고, 시간 파형을 작성한다. 스텝 606에서는, 이 시간 파형을 푸리에 변환에 의해 변환한다. 스텝 607에서는, 분광 분석에 필요한 스펙트럼에의 영향도를 산출한다.
- [0024] 스텝 604로부터 스텝 607까지를 모든 웨이브릿 전개 계수에 대해 실행한다. 이상의 결과에 근거해, 스텝 608에서는, 이 스펙트럼에의 영향도가 어떤 값 이상인 웨이브릿 전개 계수를 조작하지 않고, 웨이브릿 축소를 실행한다. 즉, 스텝 608에서는, 적어도 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해, 웨이브릿 전개 계수를 가중시키고, 웨이브릿 축소를 실행한다. 이 후, 상기 가중된 웨이브릿 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 파형으로 변환한다. 이것이 의해, 분광 분석에 필요한 스펙트럼 정보를 보유하고 노이즈가 제거된 전자파의 시간 파형을 얻을 수 있다.
- [0025] (제2의 실시예)
- [0026] 다음에, 제2의 실시예를 설명한다. 도 7은 제2의 실시예의 플로차트이다. 제1의 실시예에 있어서는, 측정시에 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도를 산출한다. 제2의 실시예는, 미리 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도를 산출한다는 점에서 제1의 실시예와 다르다. 제2의 실시예에서는, 미리 데이터베이스로서 웨이브릿 변환에 사용하는 웨이브릿 전개 계수에 관한 정보를 보존하고, 그 정보를 이용해 웨이브릿 변환을 행한다.
- [0027] 도 7에 대해서 설명한다. 우선, 스텝 701에서는, 마더 웨이브릿을 결정한다. 본 실시예에서는, Daubechies 10(db10)를 선택하고, 레벨은 10이다. 다음에, 스텝 702에서는, 어떤 테라헤르츠파의 시간 파형에 대해서 웨이브릿 변환을 행하고, 그 파형을 전개 계수로 분해한다. 여기에서는, 프로그램에 의해 파형을 웨이브릿 전개 계수로 분해하는 것이 중요하다. 이와 같이, 테라헤르츠파의 시간 파형은 어떠한 종류의 파형이든 괜찮다. 스텝 703에서는, 분해한 전개 계수로부터 1개의 값만 추출하고, 그 값을 규격화하며, 다른 전개 계수의 값을 0으로

설정한다. 본 실시예에서는, 추출한 값을 1로 규격화한다. 이 조작은, 일련의 전개 계수를 추출하기 위해서 행해진다. 그 때문에, 전개 계수의 값은 불필요하다. 이와 같이 전개 계수의 값을 바꾸어 놓은 후, 스텝 704에서는, 웨이브릿 역변환을 행하여 시간 과형을 작성한다. 스텝 705에서는, 이 시간 과형에 대해서 푸리에 변환을 행한다. 그리고, 제1의 실시예에 기재한 방법과 같이, 스텝 706에서는, 분광 분석에 필요한 스펙트럼에의 영향도를 산출한다. 모든 웨이브릿 전개 계수에 대해 영향도를 산출해서, 분광 분석에 필요한 스펙트럼에의 영향도를 산출한다. 즉, 스텝 703 내지 스텝 706을 모든 웨이브릿 전개 계수에 대해서 실행한다.

[0028] 다음에, 스텝 707에서는, 이 스펙트럼에의 영향도가 어떤 값(제1의 실시예에 기재된, 본 발명의 특징인 임계값 B에 대응)보다 작은 웨이브릿 전개 계수의 플래그를 0으로 설정하고, 영향도가 어떤 값 이상인 전개 계수의 플래그를 1로 설정한다. 플래그 0은 영향도가 없는 것을 의미한다. 플래그 1은 영향도를 그대로 유지하는 것을 의미한다. 그리고, 이 정보를 컴퓨터 내의 데이터베이스로서 보존한다. 여기까지의 스텝 703 내지 스텝 707을, 측정물을 측정하기 전에 오프라인 처리로 행한다.

[0029] 다음에, 온라인 처리에 대해 설명한다. 우선, 스텝 708에서는, 과형 취득 유닛에 의해 측정물로부터 테라헤르츠파의 시간 과형을 THz-TDS를 통해서 측정(취득)한다. 선택한 마더 웨이브릿을 사용해 웨이브릿 변환을 행하고, 그 과형을 웨이브릿 전개 계수로 분해한다. 그 후, 스텝 709에서는, 상기 데이터베이스로부터, 측정물이나, 습도, 기압, 과형 취득 유닛 등의 소자 특성 등의 환경 조건에 대응한, 웨이브릿 변환에 사용하는 웨이브릿 전개 계수에 관한 정보를 추출한다. 구체적으로는, 플래그 정보를 추출한다. 플래그 정보는 어느 전개 계수를 0으로 교체하고, 어느 전개 계수를 그대로 사용할 것인지를 나타낸다. 전개 계수를 그대로 사용하는 것은, 온라인 처리에서 얻은 테라헤르츠파의 푸리에 스펙트럼의 각 주파수 파워에 근거해서 가중을 행하는 것과 같다. 특히, 도 3b(도 4b)의 가는 선은 웨이브릿 변환을 행하기 전의 테라헤르츠파의 시간 과형에 대해서 푸리에 변환으로써 취득된다. 이러한 가는 선으로 나타낸 것처럼, 0.1THz에서 1THz까지의 범위 내의 스펙트럼의 파워는 1THz에 가까워질수록 작게 된다고 하는 소자 특성을 지니고 있다. 그 때문에, 이 범위의 주파수의 파워가 서로 같게 되도록 보정해(즉, 주파수마다 가중시켜), 분광 분석에 필요한 스펙트럼에의 영향도를 산출할 수도 있다. 그렇지만, 본 실시예에서는, 그러한 보정을 하는 일없이 단순하게 적분한다. 그 때문에, 단지 소자 특성의 푸리에 스펙트럼의 각 주파수 파워에 근거해서 가중을 행하다.

[0030] 다음에, 스텝 710에서는, 플래그 정보를 사용해 처리한 후의 전개 계수를 웨이브릿 역변환에 의해 시간 과형으로 변환한다. 이렇게 해서, 분광 분석에 필요한 스펙트럼 정보를 보유해, 웨이브릿 변환을 사용해 노이즈를 제거한다. 본 실시예에서는, 웨이브릿 변환을 행할 경우에 웨이브릿 축소로서 알려져 있는 임계값 A를 사용하지 않는다. 그렇지만, 임계값 A를 이용해도 되고, 임계값 A 이하의 전개 계수에 대해서만, 상기 데이터베이스로부터의 정보를 반영시켜도 된다.

[0031] 여기서는, 전개 계수의 플래그에 대해 설명한다. 도 8a는, 전개 계수 200을 추출하고, 전개 계수의 값을 1로 설정하며, 웨이브릿 역변환을 행했을 때의 시간 과형이다(상기 스텝 703 및 스텝 704 참조). 도 8b는, 도 8a의 시간 과형의 스펙트럼이다(상기 스텝 705 참조). 도 9a는 전개 계수 800의 경우의 시간 과형이다. 도 9b는, 도 9a의 시간 과형의 스펙트럼이다. 스펙트럼에의 영향도를 산출하기 위해서 주파수 범위를 0.3THz에서 1THz로 했을 경우, 도 8b로부터, 전개 계수 200의 스펙트럼에의 영향도가 큰 것을 알 수 있다(상기 스텝 706 참조). 한편, 도 9b로부터, 전개 계수 800의 스펙트럼에의 영향도가 없는 것을 알 수 있다. 따라서, 적절한 임계값 B를 설정하는 것으로, 데이터베이스로서 보존되는 전개 계수의 플래그는, 전개 계수 200에 대해서는 1일 수 있고, 전개 계수 800에 대해서는 0일 수 있다(상기 스텝 707 참조). 이러한 조작을 모든 전개 계수에 대해서 행하는 것으로, 모든 전개 계수에 대해서 플래그를 설정한다. 설정한 플래그 정보는, 데이터베이스로서 컴퓨터 내에 보존되어 있다(상기 스텝 707 참조). 그 외의 처리에 대해서는, 제1의 실시예와 같다.

[0032] 결과를 도 10a에 나타낸다. 도 10a의 굵은 선은, 본 실시예에 의해 노이즈가 제거된 시간 과형을 푸리에 변환에 의해 변화함으로써 취득된다. 도 10a의 가는 선은, 도 3b의 가는 선과 같다. 도 10a의 굵은 선과 가는 선을 비교하면, 굵은 선에서는, 말토오스의 특징인 0.4Hz 부근에 있는 흡수 스펙트럼이 보존되어 있고, 불필요한 정보인 1THz 이상의 범위에 있는 노이즈가 제거되어 있다는 것을 알 수 있다. 이상의 설명에서는, 마더 웨이브릿의 기저(基底)로서 coif4나 db10를 이용한다. 그렇지만, Symlets 등의 다른 기저도 적용할 수가 있다. 말토오스를 측정하는 경우, Coiflets 1~4(coif1~coif4), Symlets 2~5(sym2~sym5), 및 Daubechies 5~12(db5~db12)를 이용해도, 노이즈를 포함한 불필요한 정보를 효율적으로 제거할 수 있다.

[0033] (제3의 실시예)

[0034] 도 10b는, 본 발명의 제3의 실시예에 따른 장치 구성의 예를 나타낸 것이다. 과형 취득 유닛(1)은 전자파의 시

간 과형을 취득한다. 이 취득은 THz-TDS를 이용해 행해지므로, 테라헤르츠파의 시간 과형을 취득할 수가 있다. 분해 유닛(2)은, 웨이브릿 변환에 의해 테라헤르츠파의 시간 과형을 웨이브릿 전개 계수로 분해한다. 산출 유닛(3)은, 각 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도를 산출한다. 산출 방법은, 제1의 실시예에서 설명한 방법과 같다. 가중 유닛(4)은, 웨이브릿 변환에 사용하는 임계값과 웨이브릿 전개 계수의 스펙트럼에의 영향도에 근거해(혹은 스펙트럼에의 영향도에만 근거해), 웨이브릿 전개 계수를 가중시킨다. 보존 유닛(5)은, 가중된 웨이브릿 전개 계수를 측정물마다 데이터베이스로서 보존한다. 조정 유닛(6)은, 측정물에 의존해서 웨이브릿 전개 계수의 웨이트를 조정한다. 측정물에 의존해, 적절히 웨이브릿 전개 계수의 웨이트를 선택할 필요가 있다. 이 때문에, 데이터베이스로부터 측정물에 의존하는 웨이브릿 전개 계수의 웨이트를 선택한다. 또한, 선택한 웨이브릿 전개 계수의 가중된 값을 측정 조건 등의 환경조건에 따라 조정한다.

[0035] 변환 유닛(7)은, 조정 후의 웨이브릿 전개 계수에 대해서 웨이브릿 역변환을 행하여 웨이브릿 전개 계수를 시간 과형으로 변환한다. 본 실시예에서는, 분해 유닛(2), 산출 유닛(3), 가중 유닛(4), 보존 유닛(5), 조정 유닛(6), 및 변환 유닛(7)은 컴퓨터에 의해 조작된다. 변환 유닛(7)에 의해 취득된 시간 과형은, 퍼스널 컴퓨터에 접속된 디스플레이(8)에 표시되어 있다.

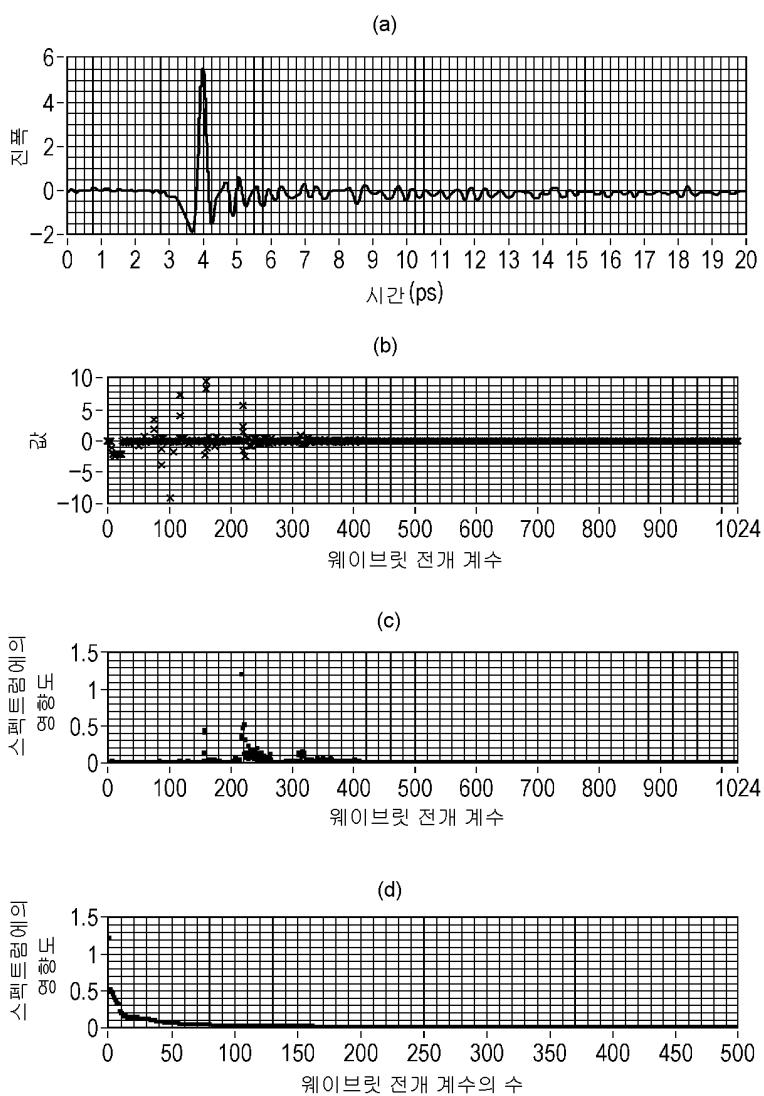
[0036] (그 외의 실시예)

[0037] 또, 본 발명은, 이하의 처리를 실행하는 것에 의해도 실현된다. 즉, 상술한 실시예에 따른 기능을 실현하는 소프트웨어(프로그램)를, 네트워크 또는 각종 기억 매체를 통해서 시스템 혹은 장치에 공급한다. 그 시스템 혹은 장치의 컴퓨터(또는 CPU(computer processing unit)나 MPU(micro-processing unit) 등)가 프로그램을 판독해 실행한다. 덧붙여, 기억 매체는, 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램을 저장할 수 있는 것이면 뭐든지 좋다. 이러한 기억 매체는, 상기 전자파 측정 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램을 기억한, 컴퓨터 판독 가능한 기억 매체이다.

[0038] 본 발명은 예시적인 실시 예를 참조하면서 설명되었지만, 본 발명은 이 개시된 예시적인 실시 예에 한정되는 것이 아니라는 것이 이해될 것이다. 이하의 특허청구범위의 범주는 모든 변형 및 균등구조 및 기능을 포함하도록 가장 넓게 해석되어야 할 것이다.

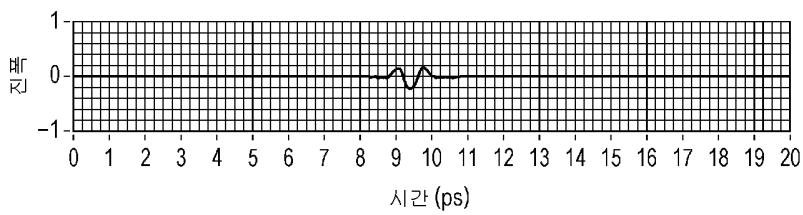
도면

도면1

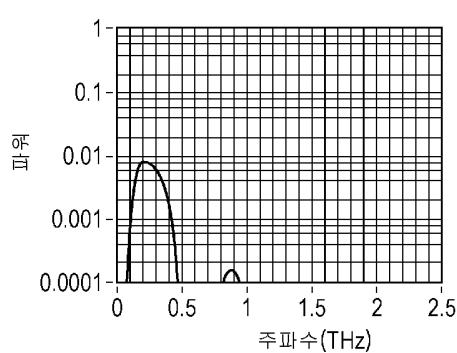


도면2

(a)

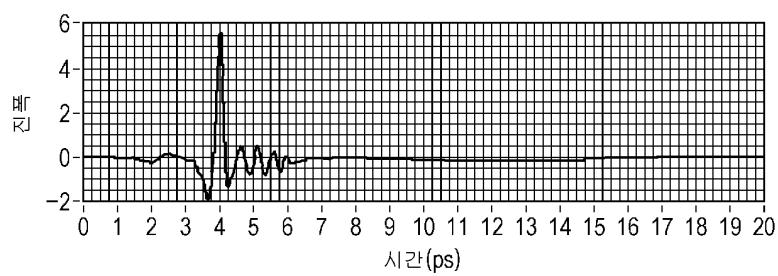


(b)

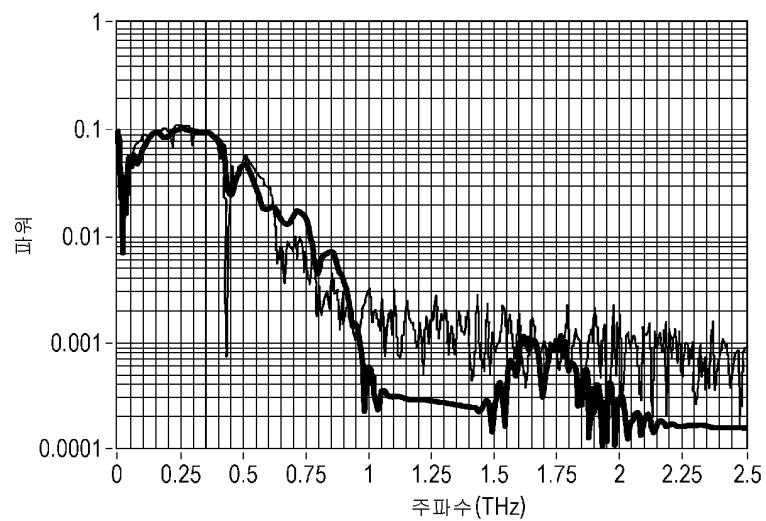


도면3

(a)

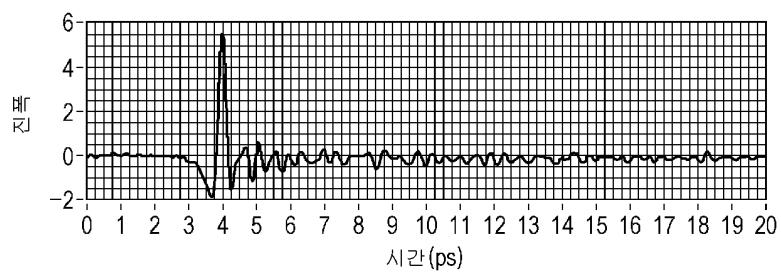


(b)

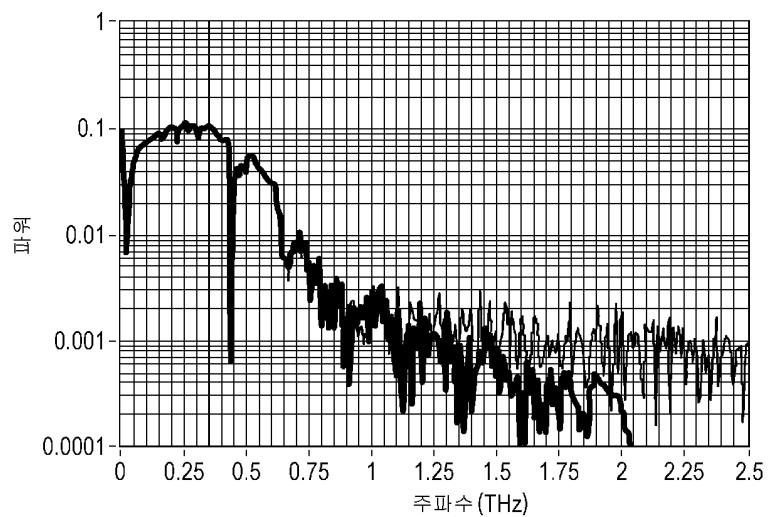


도면4

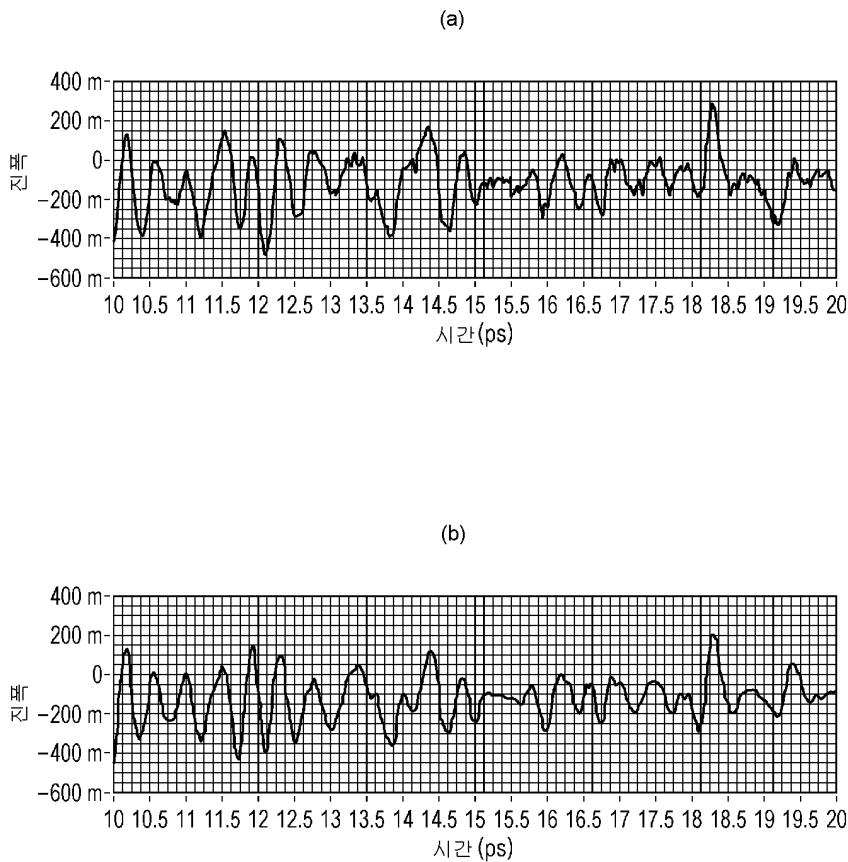
(a)



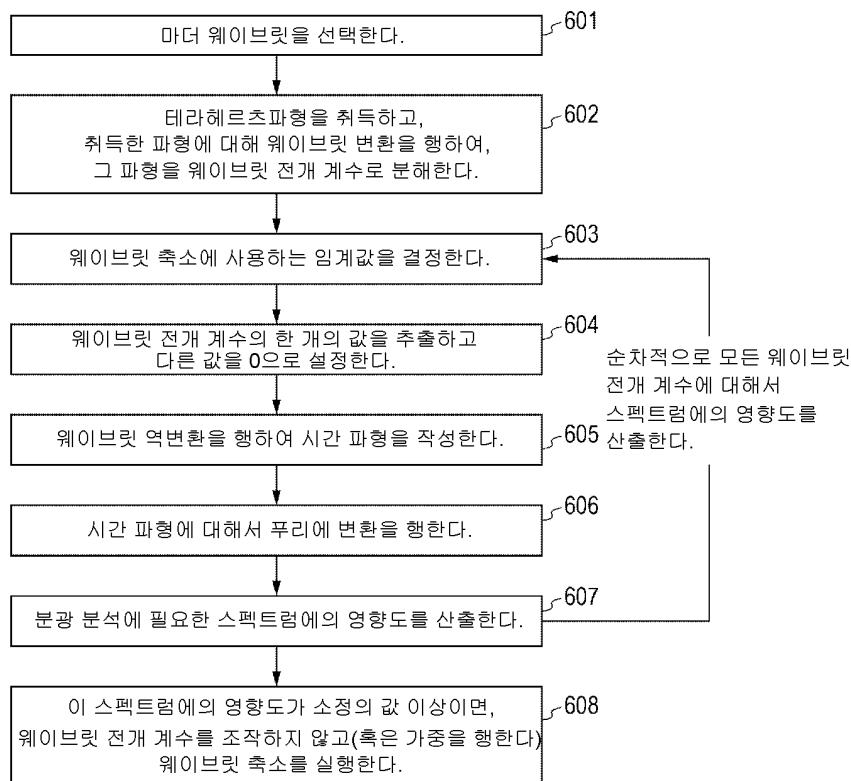
(b)



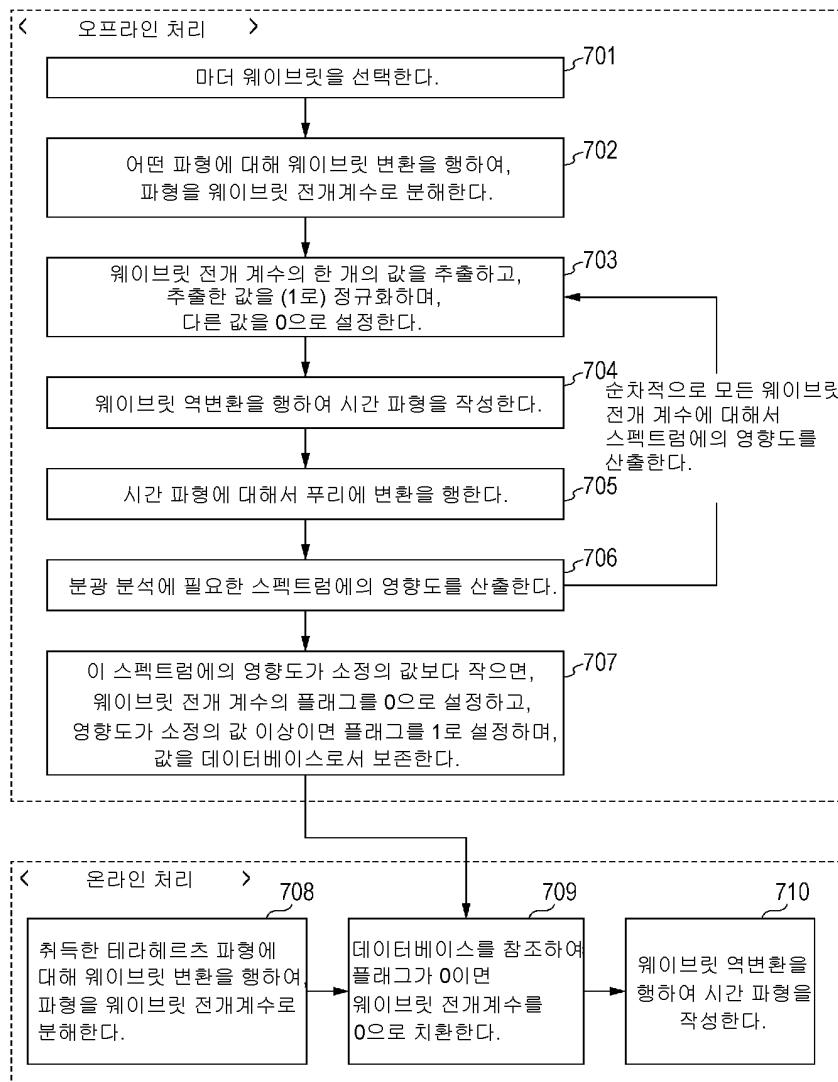
도면5



도면6

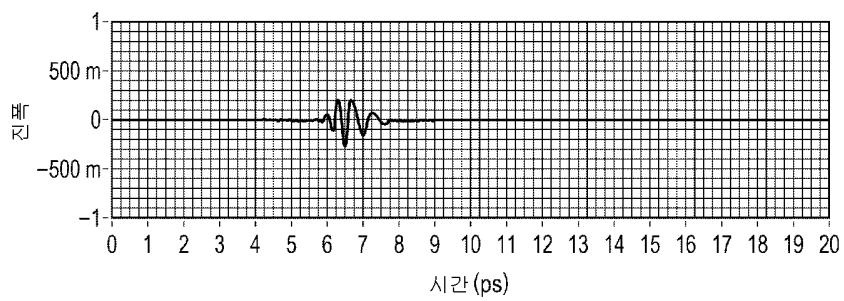


도면7

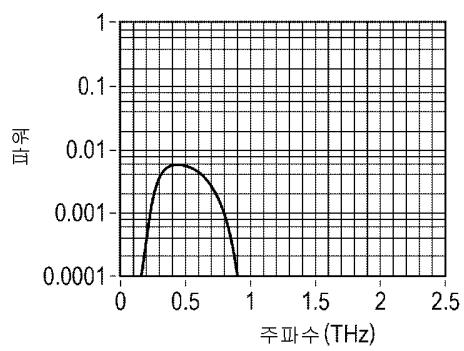


도면8

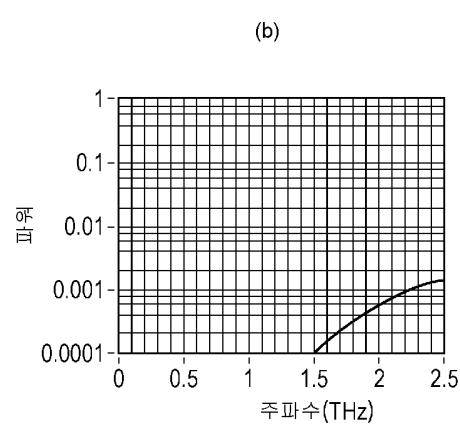
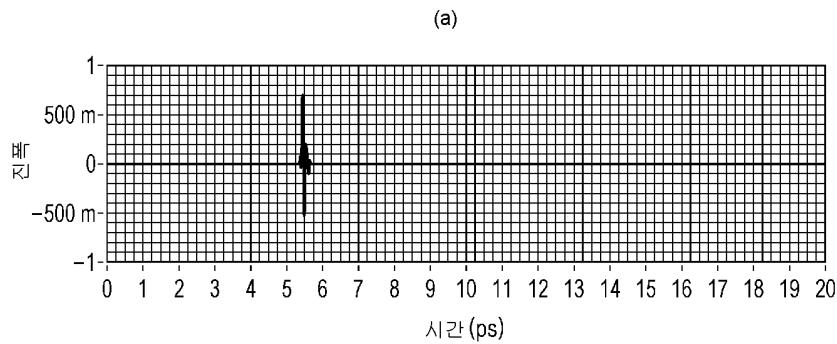
(a)



(b)



도면9



도면10

