(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.[6]
G01J 9/00

(45) 공고일자 2002년11월04일
(11) 등록번호 10-0330671
(24) 등록일자 2002년03월18일

(21) 출원번호	10-1996-0701848	(65) 공개번호	특1996-0705196
(22) 출원일자	1996년04월09일	(43) 공개일자	1996년10월09일
번역문제출일자	1996년04월09일		
(86) 국제출원번호	PCT/JP1994/01766	(87) 국제공개번호	WO 1995/11432
(86) 국제출원일자	1994년10월20일	(87) 국제공개일자	1995년04월27일
(81) 지정국	국내특허 : 대한민국 미국		
(30) 우선권주장	265053/1993 1993년10월22일 일본(JP)		

(73) 특허권자 고마쯔 리미티드
일본국 도쿄 미나토-구 아가사까 2 쪼메 3반 6고
(72) 발명자 와까바야시 오사무
일본국 가나가와 254 히라쯔까시 만다 1200
고바야시 유끼오
일본국 가나가와 254 히라쯔까시 만다 1200
(74) 대리인 유동일, 정태진, 이영규

심사관 : 김상희

(54) 엑시머레이저의파장검출장치

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 반도체노광장치용의 광원으로서 사용되는 협대역(狹帶域)엑시머레이저의 파장검출장치에 관한 것이다.

배경기술

<2> 종래로부터 협대역액시머레이저의 파장선폭 및 파장을 검출하기 위하여 모니터에탈론이 이용되고 있다. 모니터에탈론은 부분반사미러를 소정의 간격을 두고 대향배치한 에어갭에탈론을 이용하여 구성되는 것으로, 이 에어갭에탈론의 투과파장λ는 다음과 같이 나타내어진다.

$$m\lambda = 2nd \cdot \cos\theta \qquad -- \quad (1)$$

<4> m : 정수

<5> d : 에탈론과 부분반사미러의 간격

<6> n : 부분반사미러의 굴절율

<7> θ : 에탈론의 법선과입사광이 이루는 각

<8> 이 식에 의하면 n, d, m이 일정하다면 파장λ가 변화하면, θ가 변화하는 것을 알 수 있다. 모니터에탈론에서는 이 성질을 이용하여 피검출광의 파장을 검출한다.

<9> 그런데 상술한 모니터에탈론에 있어서, 에어갭내의 압력 및 주위온도가 변해버리면 파장이 일정하여도 상술한 각θ은 변화해버리고 만다. 이 때문에 각θ에 근거하여 파장λ을 검출할 수 없는 경우가 있다. 그래서 종래의 모니터에탈론을 이용하는 경우 에어갭내의 압력 및 주위온도 등을 일정하게 제어하여 파장검출을 행하도록 하고 있다.

<10> 그러나 에어갭내의 압력 및 주위온도를 매우 정밀하게 제어하는 것은 곤란하여 이 때문에 만족한 정밀도로 절대파장을 검출할 수는 없었다.

<11> 따라서 피검출관(출력레이저광)과 함께 미리 파장이 판명된 기준광(예를 들어 수은램프의 발광선)을 모니터에탈론에 입사하고, 이 기준광에 대한 피검출광의 상대파장을 검출함으로써 피검출광의 절대파장을 정밀하게 검출하도록 한 장치가 제안되어 있다(예를 들어 특개평1-101683호공보, 특개평4-356987호 공보).

<12> 이러한 장치에 있어서는 모니터에탈론의 투과광을 직접ccd이미지센서등의 광검출기상에 입사하여, 그 광검출기의 검출면상에 간섭무늬를 형성하고, 간섭무늬의 위치에 근거하여 상기 절대파장을 검출하도록 하고 있다.

<13> 그런데 이들의 종래기술에 있어서도 기준광원의 스펙트럼파형이 일그러져 있거나 시간과 기준광

원의 온도의 변화에 의해 스펙트럼파형이 변화한 경우는(수은램프의 253.7㎚선은 자기흡수가 일어나고, 스펙트럼파형이 현저히 변화한다) 모니터에탈론에 의해 발생한 간섭무늬의 광강도분포도 일그러져 버리고 만다. 따라서 이와 같은 경우는 기준광의 파장이 변화하여 정밀하게 피검출광의 절대파장을 정할 수 없었다.

<14> 이 때문에 파장변화가 안정한 기준광을 얻기 위한 수법과 기준광의 절대파장을 정밀하게 측정하기 위한 수법이 요구되고 있다.

<15> 본 발명은 이와 같은 실정을 감안하여 이루어진 것으로 안정한 기준광이 얻어짐과 동시에 기준광 및 피검출광의 절대파장을 정밀하게 측정할 수 있는 엑시머레이저의 파장검출장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

<16> **발명의 개시**

<17> 제 1발명에서는 기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 저압수은램프에 특정의 동위체수은을 49%이상 봉입한 253.7㎚선을 사용하도록 하고, 이에 따라서 스펙트럼파형이 깨끗하고 선폭이 좁은 기준광이 얻어지도록 한다.

<18> 제 2발명에서는 기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 저압수은램프의 표면온도를 소정온도(예를 들어 40℃)이하로 제어하도록 하고, 이에 따라서 깨끗하고 측정하기 쉬운 스펙트럼파형이 얻어지도록 함과 동시에 기준광의 절대파장을 항상 이론치와 일치시킬 수 있고, 그 결과 기준광파장의 보정연산을 생략할 수 있다.

<19> 제 3발명에서는 기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 저압수은램프를 열음극형으로 하도록 한다. 이에 따라서 이하와 같은 잇점이 있다.

<20> 1. 작은 전압(30V정도)으로 발광하고 특별한 전원은 들어가지 않는다.

<21> 2. 전류를 흘리면 점등은 순간적으로 행해지고 또한 발광은 순간적으로 안정해진다.

<22> 3. 발광온도가 낮기 때문에 스펙트럼파형이 깨끗하며 선폭(1㎪)이 좁다.

<23> 4. 저렴하다.

<24> 5. 점등/소등에 의한 열화가 없다.

<25> 제 4발명에서는 기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하고, 이 파장검출기의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출기에 있어서, 상기 기준광원의 표면온도를 검출하는 온도검출수단과, 기준광의 절대파장과 상기 기준광원의 표면온도의 관계가 미리 설정되는 기억수단과, 상기온도검출수단으로 검출한 온도에 대응하는 기준광의 절대파장을 상기 기억수단으로부터 독출하고, 그 독출한 기준광의 절대파장과 상기 파장검출기의 출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 구하는 발진광파장연산수단을 구비하도록 한다.

<26> 이러한 발명에 의하면 미리 기준광의 절대파장과 상기 기준광원의 표면온도의 관계를 구하여 이를 기억해 놓고, 이 기억데이타로부터 현재의 기준광원표면온도에 대응하는 기준광의 절대파장을 얻는다. 그리고 이 기준광의 절대파장과 상기 파장검출기의 출력으로부터 발진광의 절대파장을 구한다.

<27> 따라서 본 발명에 의하면 기준광의 온도일정제어를 행하지 않고도 정확한 기준광의 절대파장이 얻어지게 된다.

<28> 제 5발명에서는 기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하고, 이 파장검출기의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출기에 있어서, 상기 저압수은램프에 봉입되는 각 수은동위체의 스펙트럼파형을 각각 기억하는 기억수단과, 상기 기억된 각 수은동위체의 스펙트럼파형을 각 수은동위체의 혼합비에 따라서 합성함으로써 상기 저압수은램프로부터 출사되는 기준광의 스펙트럼파형을 구하는 파형합성수단과, 상기 기준광의 스펙트럼파형으로부터 상기 기준광의 절대파장을 구하고, 그 구해진 기준광의 절대파장에 근거하여 레이저발진광의 절대파장을 연산하는 파장연산수단을 구비하도록 한다.

<29> 이러한 발명에 의하며 저압수은램프에 봉입되는 각 수은동위체의 스펙트럼파형 및 그 혼합비에 따라서 저압수은램프로부터 출사되는 기준광의 스펙트럼파형을 구하고, 이 합성스펙트럼파형으로부터 기준광의 절대파장을 구하도록 하므로, 기준광의 절대파장의 측정을 위한 구성이 불필요하게 된다.

<30> 제 6발명에서는 기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하고, 이 파장검출기의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출기에 있어서, 상기 저압수은램프로서 무전극방전형 또는 냉음극형을 이용함과 동시에, 상기 저압수은램프에 대하여 처음에는 고에너지로 전원을 작동시켜 상기 저압수은램프를 점등하고, 이 점등을 확인하면 상기 전원의 투입에너지를 강하시키는 전원제어수단을 구비하도록 하여 스펙트럼선폭이 좁은 기준광을 실현한다.

<31> 제 7발명에서는 기준광으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장선택소자를 통하여 복수개의 광검출소자가 배열된 광검출소자어레이에 입사하고, 이 광검출소자어레이의 각 광검출소자의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출장치에 있어서, 상기 광검출소자어레이의 각 광검출소자의 검출출력에 소정의 근사처리를 가하므로써 상기 기준광 및 레이저발진광의 스펙트럼파형의 근사파형을 연산하는 스펙트럼파형근사연산수단과, 이 근사스펙트럼파형으로부터 상기 기준광 및 레이저발진광의 간섭무늬의 반경을 연산하고, 그 구해진 각 간섭무늬의 반경으로부터 레이저발진광의 절대파장을 연산하는 파장연산수단을 구비하도록 한다.

<32> 이와 같이 본 발명에서는 광검출소자어레이의 각 광검출소자의 검출출력에 소정의 근사처리를 가하므로써 상기 기준광 및 레이저발진광의 스펙트럼파형의 근사파형을 연산하는 스펙트럼파형근사연산수단

을 구비하고, 이 근사스펙트럼파형으로부터 상기 기준광 및 레이저발진광의 간섭무늬의 반경을 연산하고, 그 구해진 각 간섭무늬의 반경으로부터 레이저발진광의 절대파장을 연산하도록 하므로, 고분해능의 스펙트럼파형이 얻어짐과 동시에 그 때의 연산을 고속화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<33> 제 1도는 본 발명의 실시예를 나타내는 블록도.

<34> 제 2도는 각종 Hg동위체의 253.7㎚선의 파장분포도.

<35> 계 3a,b도는 202Hg와 천연수은의 스펙트럼파형을 나타내는 도면.

<36> 재 4a,b도는 202Hg와 천연수은의 스펙트럼파형을 나타내는 도면.

<37> 제 5a-d도는 202Hg의 각종혼합비에 따른 스펙트럼파형을 나타내는 도면.

<38> 제 6도는 기준광의 파장과 특정수은의 순도의 관계를 나타내는 도면.

<39> 제 7a,b도는 온도에 따른 202Hg의 스펙트럼파형을 나타내는 도면.

<40> 제 8도는 기준광의 파장과 기준광원의 온도의 관계를 나타내는 도면.

<41> 제 9a-c도는 저압수은램프의 각종타입을 나타내는 도면.

<42> 제 10도는 저압수은램프의 점등제어를 나타내는 플로우챠트.

<43> 제 11a,b도는 모니터에탈론의 원리를 마타내는 도면.

<44> 제 12a-c도는 간섭무늬의 반경의 자승을 구하기 위한 각종수법을 나타내는 도면.

<45> 제 13a,b도는 간섭무늬의 반경의 자승을 구할 때의 근사계산을 나타내는 도면.

<46> 제 14도는 간섭무늬의 반경의 자승을 구하는 수순의 일례를 나타내는 플로우챠트.

<47> 제 15도는 간섭무늬의 반경의 자승을 구하는 수순의 일례를 나타내는 플로우챠트.

<48> 제 16도는 간섭무늬의 반경의 자승을 구하는 수순의 일례를 나타내는 플로우챠트.

<49> 제 17도는 간섭무늬의 반경의 자승을 구하는 수순의 일례를 나타내는 플로우챠트.

<50> 제 18도는 수은동위체혼합비로부터 λe를 구하는 수순을 나타내는 플로우챠트.

<51> 제 19a-c도는 각종혼합비의 수은의 스펙트럼파형을 나타내는 도면.

<52> 제 20도는 기준광의 온도로부터 피검출광의 절대파장을 구하는 수순을 나타내는 플로우챠트.

<53> **발명을 실시하기 위한 최량의 형태**

<54> 이하 본 발명을 첨부도면에 나타내는 실시예에 따라서 설명한다.

<55> 제 1도는 엑시머레이저의 파장제어장치의 일례를 나타낸 것이다.

<56> 협대역발진엑시머레이저(1)의 협대역화된 레이저광(La)는 그 일부가 비임스플리터(2)에 의해 반사되어 샘플링광으로서 셔터(3)에 입사되며, 셔터(3)가 열린상태일 때 불투명유리(4)를 통하여 파장검출기(5)의 비임스플리터(6)에 입사된다.

<57> 한편 기준광(Lb)을 발생하기 위한 저압수은램프(7)는 집광렌즈(8)의 초점위치와 대략 일치하는 위치에 배치되며, 이에 따라서 기준광에 의한 간섭무늬의 광량을 크게 한다. 저압수은램프(7)에서 발생한 기준광(Lb)은 셔터(9)가 열린 상태일 때에 대역통과필터(10)에 입력되며, 이 필터(10)에 의해 파장 253.7㎚선만이 선택된다. 그 선택된 기준광은 집광렌즈(8)를 투과하여 비임스플리터(6)에 입사된다.

<58> 파장검출기(5)는 비임스플리터(6), 모니터에탈론(11), 집광렌즈(12) 및 광위치검출기(13)로 구성되어 있다.

<59> 모니터에탈론(11)은 내측의 면이 부분반사미러2매의 투명판(11a),(11b)로 구성되며, 에탈론에 대한 입사광의 각도에 대응하여 투과파장을 다르게 하도록 작용한다.

<60> 예탈론(11)을 투과한 광은 집광렌즈(12)에 입사된다. 이 집광렌즈(12)는 예를 들어 피검출광과 기준광의 양쪽의 파장에 대하여 색수차보정이 실시된 색소거렌즈이며, 이들 양쪽의 간섭무늬는 이 색소거렌즈의 초점위치에 일치하여 발생한다. 또한 이 집광렌즈(12)로서 요면미러를 이용하도록 하여도 된다.

<61> 광위치검출기(13)는 집광렌즈(12)의 초점면상에 배설된 예를 들어 1차원 또는 2차원의 이미지셔터이며, 집광렌즈(12)를 거친 광은 광위치검출기(13)에 결상되며, 이 광위치검출기(13)의 검출면상에 피검출광(La)의 파장에 대응한 제 1의 간섭무늬(13a) 및 기준광(Lb)의 파장에 대응한 제 2의 간섭무늬(13b)를 형성한다. 광위치검출기(13)로부터는 상기 제 1 및 제 2의 간섭무늬의 위치에 대응하는 신호가 파장검출컨트롤러(20)에 대응하여 출력된다.

<62> 파장검출컨트롤러(20)에서는 이들 간섭무늬의 위치와 광강도의 신호로부터 기준광(Lb)에 대한 피검출광(La)의 상대파장을 연산한다. 또한 파장검출컨트롤러(20)에서는 설정된 파장과 상기 검출한 절대파장과의 편차를 계산하고, 이 편차분만큼 파장선택소자의 선택파장을 변화시키기 위한 협대역화소자드라이버(25)를 제어한다.

<63> 또한 이 경우 상기 저압수은램프(7)에 온도센서(14) 및 냉각팬(15)을 설치하고, 온도컨트롤러(30)의 제어에 의해 저압수은램프(7)의 온도가 소정의 온도를 유지하도록 제어하도록 한다.

<64> 이러한 구성에 있어서 우선 기준광원으로서 이용되는 저압수은램프(7)의 동위체순도에 대하여 고찰한다. 이 저압수은램프(7)에 있어서는 기준광으로서 253.7nm선을 이용하도록 한다.

<65> 제 2도에 수은의 동위체에 대응하는253.7nm선의 절대파장과 그 상대적인 광강도를 표시한다. 천연수은 Hgnat의 각 동위체의 존재비는 10%(201Hg), 13%(201Hg), 30%(202Hg), 7%(204Hg)이다. 따라서 천연수은 Hgnat의 253.7nm선은 다섯줄기의 발광선이 서로 겹치게 된다. 또한 201Hg라는 것은 질량수가 201의 수은을 나타낸다.

<66> 제 3a,b도에 저압수은램프(7)에 202Hg만을 봉입한 경우(a)와, 천연수은 Hgnat를 봉입한 경우(b)의 간섭무늬를 나타낸다. 또한 이 경우 프리스펙트럼레인지(FSR)=20pm의 모니터에탈론(11)을 이용하도록 한다.

<67> 이들 간섭무늬를 비교하면 제 3b도의 천연수은 Hgnat의 경우를 간섭무늬의 폭이 넓어 6pm정도이므로 기준광의 절대파장의 결정은 곤란하다. 한편 202Hg의 동위체의 경우는 간섭무늬의 형상은 대단히 깨끗하며, 측정된 선폭은 대단히 좁아 1.5pm정도가 되며, 기준광의 절대파장은 제 2도로부터 253.65277nm(253.56063+0.00214)로 결정할 수 있다.

<68> 제 4a,b도에 저압수은램프(7)에 202Hg만을 봉입한 경우(a)와, 천연수은 Hgnat을 봉입한 경우(b)의 간섭무늬를 나타낸다. 또한 이 경우 프리스펙트럼레인지(FSR)=5pm의 모니터에탈론(11)을 이용하도록 한다.

<69> 이들 간섭무늬를 비교하면 제 4b도의천연수은의 경우는 간섭무늬의 콘트라스트가 매우 작으므로, 기준광의 절대파장의 결정은 곤란하다. 이에 반하여 제 4a도에 나타내는 202Hg의 동위체만의 경우는 간섭무늬의 형상은 매우 깨끗하며, 측정된 선폭은 매우 좁아 1.0pm정도가 되며, 기준광202Hg의 절대파장은 제 1도로부터 253.65277nm로 결정할 수 있다.

<70> 여기서 에탈론의 분해능r은 다음의 식으로 나타내어진다.

$$R=FSR/F \qquad -- \quad (2)$$

<72> F:에탈론의 파이니스

<73> FSR:프리스펙트럼레인지

<74> F는 에탈론의 면정밀도, 반사율, 평행도로 결정되는 것이며, 통상파장 248nm부근에서는 최고 30정도이다.

<75> 따라서 모니터에탈론의 분해능을 향상시키기 위해서는 FSR을 작게할 필요가 있지만, 이 때는 제 4a,b도에 나타낸 바와 같이 저압수은램프(7)에 대하여 1종류의 동위체를 봉입한 쪽이 좋다.

<76> 제 5a-d도에 저압수은램프(7)의 동위체수은 202Hg의 순도99%, 70%, 61%, 30%에 대한 각 간섭무늬를 각각 나타낸다. 순도P가 높아짐에 따라서 간섭무늬의 콘트라스트가 향상한다. P=61%에서는 상당히 콘트라스트가 저하하지만 202Hg에 의한 예리한 피크를 검출할 수 있으므로 기준광의 절대파장을 정할 수 있다.

<77> 제 6도에 동위체의 순도p와 검출되는 기준광(253.7nm선)의 절대파장λHg'과 이상적인 절대파장λHg의 차의 관계를 나타낸다. 이 제6도에 의하며 P=49%이상에서는 상기 차는 거의 0이되어 있다. 또한 p≥49%에서는 앞의 제 5도에 도시한 바와 같이 동위체에 의한 예리한 피크를 검출할 수 있다. 따라서 저압수은램프(7)에 있어서 특정동위체의 순도p를 49%이상으로 하면 기준광의 검출파장이 이론치로부터 벗어남없이 이론적인 값을 그대로 사용할 수 있게 된다.

<78> 이와 같이 특정(1종류)수은의 동위체를 특정순도이상으로 램프에 봉비하므로써 스펙트럼파형이 깨끗하고 게다가 선폭이 좁은 기준광이 얻어지기 때문에 FSR이 작은 고분해능의 모니터에탈론에 대해서도 기준광으로서 사용할 수 있다. 이 때문에 매우 정밀하게 피검출광의 절대파장을 검출할 수 있게 된다.

<79> 다음으로 저압수은램프의 온도에 대하여 고찰한다.

<80> 제 7a,b도에 202Hg의 경우에서 저압수은램프(7)의 유리표면의 온도T가 20℃와 60℃(점등하고 시간이 경과)의 경우의 간섭무늬를 나타낸다. 온도T=25℃일 때는 매우 깨끗한 파형을 하고 있지만, T=60℃의 경우는 자기흡수가 일어나며, 간섭무늬의 중앙부가 오목한 상태가 된다. 이런 간섭무늬의 파형은 온도T에 재현성 좋게 의존하며, 각 온도T에 따른 형상이 된다. 다시 말하면 온도가 일정하면 간섭무늬의 형상은 일정하게 된다.

<81> 제 8도에 저압수은램프(7)의 표면온도T와 검출되는 기준광(253.7nm선)의 절대파장λHg'와 이상적인 절대파장λHg의 차△λHg의 관계를 나타낸다. 이 도면에 의하면, 자기흡수가 발생하지 않는 상태, 즉 저압수은램프의 온도가 40℃이하일 때는 상기 차△λHg는 거의 0이 된다. 저압수은램프(7)에 있어서, 표면온도가 40℃이하로 되도록 제어하면 기준광의 검출파장이 이론치로부터 벗어남없이 이론적인 값을 그대로 사용할 수 있게 되며, 이에 따라서 기준광파장의 각종 보정연산을 생략할 수 있다.

<82> 다음으로 저압수은램프의 형식에 대하여 고찰한다.

<83> 제 9a-c도에 저압수은램프(7)의 구조를 나타낸다.

<84> 제 9a도는 열음극타입의 경우로서, 기준광인 253.7nm선을 투과하는 유리(바이콜유리, 석영유리등)관(31)내에는 아르곤과 같은 버퍼가스와 1종류의 순도높은 동위체수은이 봉입되어 있다. 또한 이 유리관(31)내에는 열전자를 방사시키기 위하여 전자발사성산화물(BaO 또는 SrO등)을 코팅한 필라멘트(32)가 내설되며, 이 필라멘트(32)에 전류가 흐르면 필라멘트(32)가 가열되어 열전자가 방출되며, 동위체수은이 여기되어 발광한다. 안정기(33)는 필라멘트(32)로 흐르는 전류를 일정하게 하기 위한 것이다.

<85> 이 열음극타입의 동위체램프는 이하와 같은 잇점을 갖고 있다.

<86> 1. 작은 전압(30V정도)에서 발광하고 특별한 전원은 들어가지 않는다.

<87> 2. 전류를 흐르게 하면 점등이 순간적으로 이루어지며, 또한 발광은 순간적으로 안정해진다.

<88> 3. 발광온도가 낮기 때문에 스펙트럼파형이 깨끗하며 선폭(1pm이하)이 좁다.

<89> 4. 저렴하다.

<90> 5. 점등/소등에 의한 열화는 없다.

<91> 제 9b도는 무전극방전관의 경우로서, 기준광인 253.7nm선을 투과하는 유리(바이콜유리, 석영유리 등)관(34)에는 상기와 같은 아르곤과 같은 버퍼가스와 1종류의 순도높은 동위체수은이 봉입되어 있다. 이 램프의 여기는 고주파코일(35) 및 고주파전원(36)에 의해 이루어진다. 이 램프의 경우는 점등하기 위해 최초 큰 에너지를 투입하여 점등시킨 후, 투입에너지를 압축함으로써 스펙트럼선폭이 좁은 253.7nm선의 기준광을 얻도록 한다. 또한 이 무전극동위체램프에서는 점등하여 방전상태를 안정시킬 때까지 시간이 걸리고 여기하기 위해 전원전압을 필요로 하는 결점이 있다.

<92> 제 9c도는 냉음극타입의 경우로서 기준광인 253.7nm선을 투과하는 유리(바이콜유리, 석영유리 등)관(37)내에는 상기와 같은 아르곤같은 버퍼가스와, 1종류의 순도높은 동위체수은이 봉입되어 있다. 이 유리관(37)내에는 두 개의 전극이 봉입되어 있고, 교류전원(39), 승압트랜스(38)에 의해 고전압화(수KV)하여 양전극간에 고전압을 걸어 방전시킨다. 이 경우도 무전극방전간의 경우와 마찬가지로 점등하여 완정화하기 위하여 어느 정도의 시간을 요한다. 또한 이 냉음극타입의 경우도 점등한 후 입력에너지를 압축하므로써 어느 정도 스펙트럼선폭이 좁은 253.7nm선의 기준광을 얻을 수 있다.

<93> 제 10도는 상기 제 9b,c도에 나타낸 무전극방전 또는 냉음극타입의 저압수은램프(7)에 적합한 점등제어의 일례를 나타내는 것으로, 우선 저압수은램프(7)의 전원을 온으로 하고(스텝101), 다음으로 소정의 투입에너지a로 전원(제 9b도의 경우는 전원(36), 제 9c도의 경우는 전원(39))을 작동시킨다(스텝102). 다음의 스텝103에서는 램프(7)가 발광하였는지 아닌지를 확인하고, 확인후 전원의 투입에너지를 b(<a)까지 강하시킨다(스텝104). 최후로 기준광이 안정한지 아닌지를 확인하여(스텝105) 다음의 수순으로 이행한다. 또한 스텝105에서는 소정시간이 경과하는 것을 기다리도록 해도 좋다. 또한 이 제어를 열음극타입의 것에 적용해도 좋다.

<94> 즉 이 제 10도에 도시한 기준광점등제어에 의하면, 점등하기 위하여 최초 큰 에너지를 투입하여 점등시킨 후, 투입에너지를 압축하므로써 스펙트럼선폭이 좁은 253.7nm선의 기준광을 얻도록 한다.

<95> 그런데 기준램프로서 저압수은의 동위체램프로 열음극타입의 것을 적용한 경우 전술한 바와 같이 전류를 흐르게 하면 점등은 순시에 이루어지고 순시에 발광이 안정해진다. 또한 앞의 제 8도에 도시한 바와 같이 램프의 온도는 40℃이하면 기준광의 절대파장은 일정하다. 따라서, 수은램프를 냉각하든지 또는 점등한 직후에 기준광을 검출하므로써 기준광램프의 온도를 검출하지 않고도 정밀하게 기준광의 절대파장을 얻을 수 있다.

<96> 따라서 제 1도에 나타낸 구성에 있어서, 온도센서(14), 냉각팬(15), 온도컨트롤러(30)를 생략하고, 일정주기로 기준광을 점등하고 즉시(0.1-2초정도) 기준광의 간섭무늬를 검출하여 기준광을 소등하도록 해도 좋다. 또한 이 때는 램프의 온도는 검출할 필요는 없다.

<97> 또한 냉각팬(15)만을 설치하고, 온도센서(14), 온도컨트롤러(30)를 생략하고, 일정주기로팬의 온, 기준광의 점등, 기준광의 간섭무늬의 검출처리를 실행시키도록 해도 된다. 또한 이 제어에 있어서 팬(15)만은 상시 온이 되어도 좋다.

<98> 다음으로 기준광의 절대파장 및 피검출광의 절대파장을 구하는 수법에 대하여 고찰한다.

<99> 제 11a,b도는 페브리페로(Fabri-PeΓrot)간섭계(모니터에탈론(11))의 원리를 나타낸 것으로, 제 11a도에 도시한 바와같이, 광L이 미러간격d의 에탈론(11)의 입사각도 θ로서 입사하고, 에탈론(11), 집광렌즈(11), 집광렌즈(12)를 투과하면, 집광렌즈(12)로부터 초점거리f만큼 떨어진 광검출기(13)의 검출면상에 광L의 간섭무늬(13c)가 형성된다.

<100> 여기서 에탈론의 기본식은 전술한 바와 같이,

$$m\lambda = 2nd \cdot \cos\theta \quad -- \quad (1)$$

<102> m : 정수

<103> d : 에탈론과 부분반사미러의 간격

<104> n : 부분반사미러의 굴절율

<105> θ : 에탈론의 법선과입사광이 이루는 각

<106> 이며, 상기 식에서 각도 θ=0일때의 m을 m0, 파장을 λ0으로 하면,

$$2nd = m0 \cdot \lambda 0 \quad -- \quad (3)$$

<108> 이 된다. 상기 (3)식으로부터 (1)식을 연산하고, 이에 반각공식($\cos\theta = 1-2\sin^2$)를 적용하면,

$$2\sin^2(\theta/2) = (\lambda/2nd)(m0-m) \quad -- \quad (4)$$

<110> 이 얻어진다. 그런데 ^2는 2승을 나타낸다.

<111> 각도θ가 비교적 작은 각도의 경우는 $\sin(\theta/2) = \theta/2$와 근사하며, 이것을 상기 (4)식에 대입하여

정리하면,

$$\theta^2=(\lambda/nd)(m0-m) \quad -- \quad (5)$$

<113> 이 된다.

<114> 여기서 제 11b도에 나타낸 바와 같이 간섭무늬(13c)의 중심으로부터의 거리를 r로 하면, 집광렌즈(12)의 초점거리는 f이기 때문에,

$$r=f\theta=f(\lambda/nd)^{1/2}(m0-m)^{1/2} \quad -- \quad (6)$$

<116> 이 된다. 그런데 ^1/2은 1/2승, 즉 루트를 나타낸다.

<117> 여기서 $c=f^2\cdot(\lambda/nd)$로서 (6)식의 양변을 2승하면,

$$r^2=c(m0-m) \quad -- \quad (7)$$

<119> 이 된다(제 11b도 참조).

<120> 여기서 p번째와 p+1번째의 피크를 생각하면, (7)식으로부터,

$$c=c(mp+1-mp)=rp^2-rp+1^2 \quad -- \quad (8)$$

<122> 이 된다. 또한 (3)식에 있어서 정수m을 파장λ으로 미분하면,

$$-\Delta\lambda=(\lambda^2/2nd)\cdot\Delta m=FSR\cdot\Delta m \quad -- \quad (9)$$

<124> 이 된다.

<125> 여기서 (9)식에 (7)식을 대입하면,

$$-\Delta\lambda=FSR\cdot r^2/c \quad -- \quad (10)$$

<127> 이 된다. 여기서 m-m0일때의 파장을 λ0이라 하면, 구하는 파장λ은 (10)식으로부터

$$\lambda=\lambda0-FSR\cdot r^2\cdot c \quad -- \quad (11)$$

<129> 로서 얻어진다.

<130> 여기서 (11)식은 파장λ가 간섭무늬(13c)의 반경r의 2승에 비례하는 것을 나타낸다. 따라서 간섭무늬의 반경의 2승을 바르게 구할 수 있으면 피검출광의 파장을 정확히 구할 수 있다.

<131> 즉 상기 에탈론의 기본식(1)에 있어서,

<132> mHg를 기준광에 대응하는 차수, mex를 피검출광에 대응하는 차수, λHg를 기준광의 파장, λex를 피검출광의 파장, nHg를 기준광의 에탈론(11)의 에어갭내의 굴절률, nex를 피검출광의 에탈론(11)의 에어갭내의 굴절률이라고 하면,

$$mHg\cdot\lambda Hg=2nHg\cdot d\cdot\cos\theta \quad -- \quad (12)$$

$$mex\cdot\lambda ex=2nex\cdot d\cdot\cos\theta \quad -- \quad (13)$$

<134> 이 된다.

<135> 여기서 기준광의 간섭무늬와 피검출광의 간섭무늬의 직경이 일치하는 경우의 파장λex은, 상기 (12)(13)식으로부터 $d\cdot\cos\theta$를 소거하여 정리하면,

$$\lambda e=(nex/nHg)\cdot(mHg/mex)\cdot\lambda Hg \quad -- \quad (14)$$

<137> 이 된다. 따라서 피검출광의 간섭무늬의 반경을 rex, 기준광의 간섭무늬의 반경을 rHg라고 하면, 상기 (10)식으로부터 피검출광의 파장λex은

$$\lambda ex-\lambda e=FSR\cdot(rHg^2-rex^2)/c \quad -- \quad (15)$$

<139> 라는 관계로부터 구할 수 있다. 여기서 기준광과 피검출광은 동일에탈론을 투과한 것이기 때문에 에탈론의 온도등이 변화했더라도, 이 변화에 의한 오차가 상쇄되어 절대파장을 정밀하게 검출할 수 있다.

<140> 여기서 간섭무늬의 반경의 자승rm^2의 계산은, 제 12a-c에 나타낸 바와 같이 하여 실행한다.

<141> 즉 제 12a도의 경우는 광장도의 최대치Imax를 검출하고, 이 절반치Imax/2를 계산하고, 그 절반치Imax/2에 대응하는 두 위치 a,b로부터 각각 내측의 원의 직경2r1과 외측의 원의 직경2r2을 구한다. 그리고, 이들 각 직경으로부터 양측반경의 자승r1^2, r2^2을 구하고, 그들의 평균치를 하기식(16)과 같이 하여 구함으로써 간섭무늬의 반경의 자승rm^2을 구한다.

$$rm^2=(r1^2+r2^2)/2 \quad -- \quad (16)$$

<143> 또한 제 12b도의 경우는, 최대치Imax의 1/a에 대응하는 반경r1, r2를 구하고, 이들의 반경으로부터 간섭무늬의 반경의 자승rm^2를 구하도록 한다.

<144> 또한 제 12c도의 경우는 광강도의 최대치Imax와 최소치Imin을 검출하고, 이들의 평균치Iav(=(Imax+Imin)/2)를 구하고, 그 값에 대응하는 반경 r1,r2로부터 간섭무늬의 반경의 자승rm^2을 구하도록 한다.

<145> 또한 상기 제 12b,c도의 수법은 동위체수은의 순도P가 낮은 253.7nm선의 경우에 유효하다.

<146> 제 13a,b도에 상기 간섭무늬를 광검출기(13)로서의 1차원 또는 2차원의 포토다이오드어레이센서(CCD등)로 검출한 경우의 근사계산방법을 모식적으로 나타낸다.

<147> 포토다이오드어레이센서의 경우는 각 채널위치에서 각 광량이 계산된다. 또한 그 위치분해능은 고분해능의 것으로 13미크론정도이다. 또한 1채널당 분산은 약 0.1pm/ch이므로, 0-01pm의 변화를 검출하기 위해서는 근사계산을 행할 필요가 있다.

<148> 제 13a,b도는 포토다이오드에레이센서로 검출한 각 채널의 신호파형에 근사곡선을 겹쳐서 나타낸 것으로, 근사곡선을 각 채널간의 출력을 직선으로 연결하거나 최소자승법과 다차방정식을 이용하여 작성한다.

<149> 그리고 이 근사곡선과 예를 들어 절반치Imax/2의 교점을 구하므로써, 간섭무늬의 내측 및 외측의 반경을 구하여 상기와 마찬가지로 하여 간섭무늬의 반경의 자승을 계산한다. 이와 같은 근사계산을 행함으로써 0.01pm의 분해능으로 피검출광의 절대파장을 검출할 수 있다.

<150> 제 14도는 상기 근사계산에 의한 간섭무늬반경의 자승계산법의 일례를 나타내는 것으로, 이 경우에는 우선 각 채널의 광량치간을 직선으로 연결하여 근사직선을 얻는다. 다음으로 각 채널의 광강도중에서 최대광강도Imax를 구하고, 절반치 Imax/2를 계산한다. 다음으로 상기 근사직선과 절반치Imax/2의 교점을 구하고, 그 구해진 교점으로부터 간섭무늬의 외측의 반경r2과 내측의 반경r1을 계산한다. 그리고 이들의 값의 평균치를 구함으로써 간섭무늬의 반경의 자승rm^2을 앞의 (16)식에 따라서 계산한다.

<151> 제 15도는 상기 계산법외의 수법을 나타내는 것으로서, 이 경우에는 직선근사가 아니고 최소자승법과 다차방정식을 이용하여 근사곡선을 얻도록 한다. 근사곡선을 구한 후의 수순은 앞의 제 14도에 도시한 수법과 같다.

<152> 제 16도는 각 채널간을 직선근사한 후, 광강도의 최대치Imax와 최소치Imin를 검출하고, 이들의 평균치Iav(=(Imax+Imin)/2)를 구하며, 그 평균치Iav와 상기 근사직선의 교점을 구하고, 그 구해진 교점으로부터 간섭무늬의 외측의 반경r2와 내측의 반경r1을 계산하고, 또한 이들의 값의 평균치를 구함으로써 간섭무늬의 반경의 자승rm^2을 앞의 (16)식에 따라서 계산한다.

<153> 제 17도는 제 16도의 수법을 직선근사가 아니고 최소자승법과 다차방정식을 이용한 근사곡선을 이용하여 행하도록 한다.

<154> 또한 상기 각 수법에서는 각 채널의 광강도치로부터 근사곡선을 계산하고, 그 근사곡선과 절반치 등의 소정치와의 교점을 구하도록 하지만 예를 들어 채널수와 광강도의 관계가 단조증가하는 영역에서는 소정치보다 커진 곳의 채널과 그 하나전의 채널의 쌍방의 광강도로부터 직선보간을 하여 상기 교점을 구하도록 하여 계산시간을 단축하도록 해도 좋다.

<155> 다음으로 제 18도의 플로우챠트를 이용하여 수은의 동위체의 혼합비로부터 기준광의 절대파장을 구하는 수법에 대하여 고찰한다.

<156> 최초에 각 동위체만의 경우의 스펙트럼파형을 데이타 또는 함수(198Hg(λ,T), 199Hg(λ,T), 200Hg(λ,T), 201Hg(λ,T), 202Hg(λ,T), 204Hg(λ,T))로서 기억해둔다(스텝200). 다음으로 각 동위체의 혼합비(198K, 199K, 200K, 201K, 202K, 204K)와 램프의 온도T를 입력한다(스텝210).

<157> 그리고 이들 스펙트럼파형데이타 및 혼합비를 이용하여 합성스펙트럼Hg(λ,T)을 하기식에 따라서 연산한다(스텝220).

$$Hg(\lambda,T)=198K \cdot 198Hg(\lambda,T)+199K \cdot 199Hg(\lambda,T)+200K \cdot 200Hg(\lambda,T)+201K \cdot 201Hg(\lambda,T)+202K \cdot 202Hg(\lambda,T)+204K \cdot 204Hg(\lambda,T) \quad -- \quad (17)$$

<159> 제 19a-c도는 각종동위체혼합비의 수은램프의 스펙트럼파형을 나타내는 것으로, a는 202Hg의 순도99%, b는 198Hg의 순도99%, c는 202Hg51%와 198Hg49%와 혼합Hg이다.

<160> 이들의 스펙트럼파형에 있어서 a,b의 스펙트럼파형을 서로 겹친 경우 그 겹친 파형은 c의 혼합Hg의 파형에 거의 일치하였다. 이것은 앞의 (17)식의 연산을 행하므로써 혼합Hg의 합성스펙트럼파형이 얻어지는 것을 나타낸다.

<161> 다음으로 이렇게 구한 합성스펙트럼파형으로부터 저압수은램프의 절대파장λHg'을 계산한다(스텝230).

<162> 이 계산방법으로서는 상기 제 12a,b,c도에 도시한 각종 수법이 있다.

<163> 제 12a도에 도시한 수법의 경우는 합성스펙트럼의 절반치에서의 2점의 절대파장λHg1, λHg2을 계산하고, 그 평균치를 절대파장λHg'로 한다(λHg'=(λHg1+λHg2)/2).

<164> 제 12b도의 경우는 a분의 1(1/a)값의 2점의 파장의 평균치를 절대파장λHg'로 한다.

<165> 제 12c도의 경우는 합성스펙트럼Hg(λ,T)을 모니터에탈론(11)에 의해 발생시킨 경우의 간섭무늬를 논리적으로 계산하고, 그 간섭무늬의 최대치Imax 및 최소치Imin를 구하고, 이들의 값으로부터 상기 Iav를 구한다. 또한 이 Iav와 합성스펙트럼파형Hg(λ,T)와의 교점인 2점의 파장을 구하고, 이들의 평균치를 절대파장λHg'으로 한다.

<166> 이들 구해진 절대파장λHg'과 상기 (14)식 및 (15)식을 이용하여 피검출광의 절대파장을 구하도록 한다(스텝240).

<167> 다음으로 앞의 제 8도에 나타낸 기준광의 검출절대파장λHg' 및 기준광의 이론적절대파장λHg의 차△λHg와 온도T와의 관계로부터 기준광의 검출절대파장λHg'을 계산하는 수법에 대하여 제 20도를 이용하여 고찰한다.

<168> 즉 제 8도에 도시한 관계에 있어서, 이론적절대파장λHg은 이미 알고 있으므로(253.65277㎚) 제 8도의 그래프는 램프온도T와 기준광의 검출절대파장λHg'(=λHg+△Hg)의 관계로서 얻을 수 있다. 따라서, 램프온도T와 기준광의 검출절대파장λHg'과의 관계를 미리 소정의 메모리에 예를들어 테이블형식으로 기억해둔다.

<169> 그리고 기준광의 파장을 검출할 때에는 우선 저압수온램프(7)의 유리표면온도T를 온도센서(14)에 의해 검출한다(스텝300).

<170> 다음으로 앞의 대응테이블로부터 검출온도T에 대응하는 λHg'를 독출하고, 이를 기준광의 절대파장으로 한다(스텝310).

<171> 다음으로 이 기준광의 절대파장λHg'과 광검출기(13)로 측정된 기준광 및 피검출광의 간섭무늬의 각반경을 앞의 (14)식, (15)식에 대입하므로써 피검출광의 절대파장λex을 구한다(스텝320).

<172> 이와 같이 기준광의 온도로부터 기준광의 정확한 절대파장을 얻을 수 있으므로, 기준광원의 온도제어를 하는 것이 필요없게 되며, 램프(7)의 온도만 검출해 두면 된다.

산업상이용가능성

<173> 본 발명은 반도체노광장치용의 광원등에 사용되는 협대역엑시머레이저에 적용하므로써 유용하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

기준광원으로 저압수은램프를 이용하고 이 기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하여 이 파장검출기의 검출출력에 따라 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출장치에 있어서,

상기 기준광으로 질량수 198, 200, 202의 각종 동위체수은중의 어느 일종만을 봉입하고, 이 봉입한 동위체수은의 순도가 49%이상으로 된 저압수은램프의 253.7㎚선을 상기 저압수은램프의 표면온도가 40℃이하로 되도록 하여 사용하는 것을 특징으로 하는 엑시머레이저의 파장검출장치.

청구항 2

기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하고, 이 파장검출기의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출장치에 있어서,

상기 저압수은램프를 열음극형으로 한 것을 특징으로 하는 엑시머레이저의 파장검출장치.

청구항 3

기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하고, 이 파장검출기의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출기에 있어서,

상기 기준광원의 표면온도를 검출하는 온도검출수단과,

기준광의 절대파장과 상기 기준광원의 표면온도의 관계가 미리 설정되는 기억수단과,

상기 온도검출수단으로 검출한 온도에 대응하는 기준광의 절대파장을 상기 기억수단으로부터 독출하고, 그 독출한 기준광의 절대파장과 상기 파장검출기의 출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 구하는 발진광파장연산수단을 구비하는 엑시머레이저의 파장검출장치.

청구항 4

기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하고, 이 파장검출기의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출기에 있어서,

상기 저압수은램프에 봉입되는 각 수은동위체의 스펙트럼파형을 각각 기억하는 기억수단과,

상기 기억된 각 수은동위체의 스펙트럼파형을 각 수은동위체의 혼합비에 따라서 합성함으로써 상기 저압수은램프로부터 출사되는 기준광의 스펙트럼파형을 구하는 파형합성수단과,

상기 기준광의 스펙트럼파형으로부터 상기 기준광의 절대파장을 구하고,

그 구해진 기준광의 절대파장에 근거하여 레이저발진광의 절대파장을 연산하는 파장연산수단을

구비하도록 한 것을 특징으로 하는 엑시머레이저의 파장검출장치.

청구항 5

기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장검출기에 입사하고, 이 파장검출기의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출기에 있어서,

상기 저압수은램프로서 무전극방전형 또는 냉음극형을 이용함과 동시에,

상기 저압수은램프에 대하여 처음에는 고에너지로 전원을 작동시켜 상기 저압수은램프를 점등하고, 이 점등을 확인하면 상기 전원의 투입에너지를 강하시키는 전원제어수단을 구비하도록 한 것을 특징으로 하는 엑시머레이저의 파장검출장치.

청구항 6

기준광원으로부터 발생되는 기준광과 레이저발진광을 파장선택소자를 통하여 복수개의 광검출소자가 배열된 광검출소자어레이에 입사하고, 이 광검출소자어레이의 각 광검출소자의 검출출력에 근거하여 발진광의 절대파장을 검출하는 엑시머레이저의 파장검출장치에 있어서,

상기 광검출소자어레이의 각 광검출소자의 검출출력에 소정의 근사처리를 가하므로써 상기 기준광 및 레이저발진광의 스펙트럼파형의 근사파형을 연산하는 스펙트럼파형 근사연산수단과,

이 근사스펙트럼파형으로부터 상기 기준광 및 레이저발진광의 간섭무늬의 반경을 연산하고, 그 구해진 각 간섭무늬의 반경으로부터 레이저발진광의 절대파장을 연산하는 파장연산수단을 구비하도록 한 것을 특징으로 하는 엑시머레이저의 파장검출장치.

청구항 7

기준광원으로부터 발생하는 기준광과 피검출광을 파장검출기에 입사시키고 이 파장검출기의 출력에 따라 피검출광의 절대파장을 검출하는 파장검출기에 이용되는 기준광원에 있어서, 질량수 198, 200, 202의 각종 동위체수은중의 어느 일종만을 봉입하고, 이 봉입한 동위체수은을 순도 49%이상으로 한 것을 특징으로 하는 기준광원용 수은램프.

요약

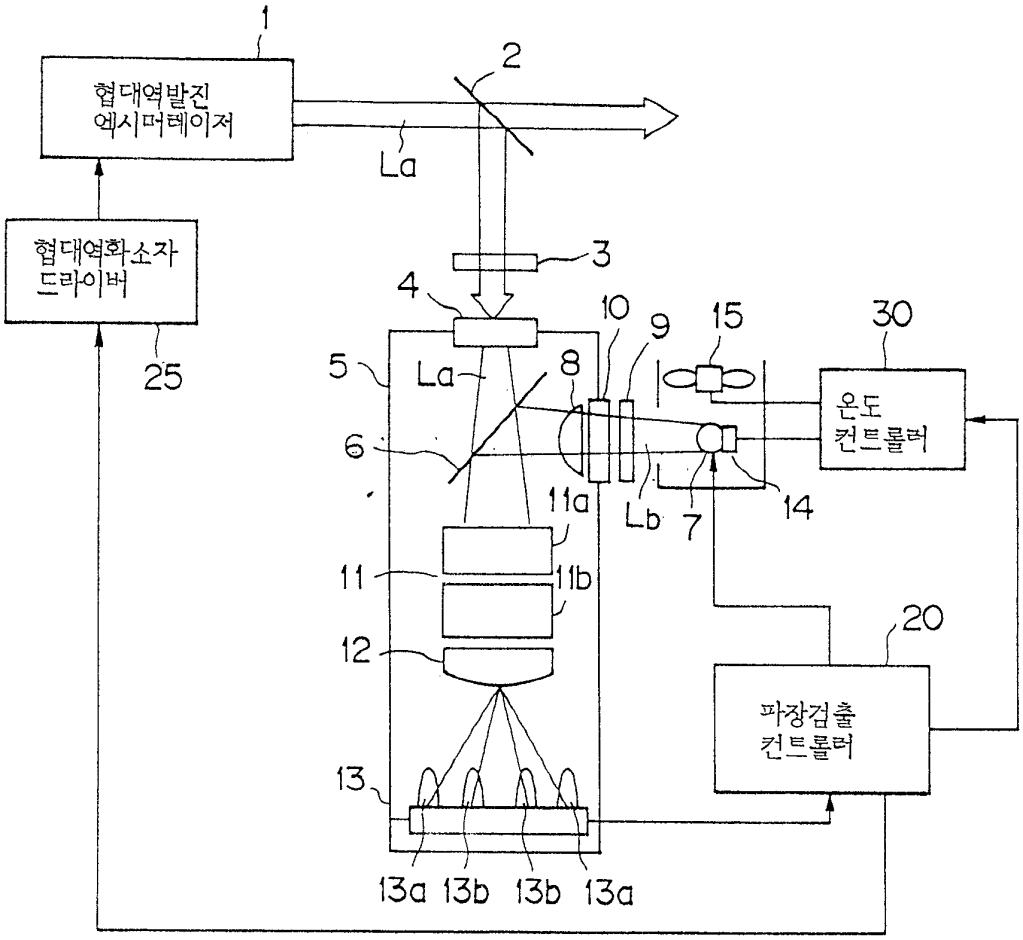
기준광원으로서 저압수은램프를 이용하고, 이 저압수은램프에 특정동위체수은을 49%이상 봉입한 253.7㎚선을 사용함으로써 안정한 기준광이 얻어지도록 한다.

대표도

도1

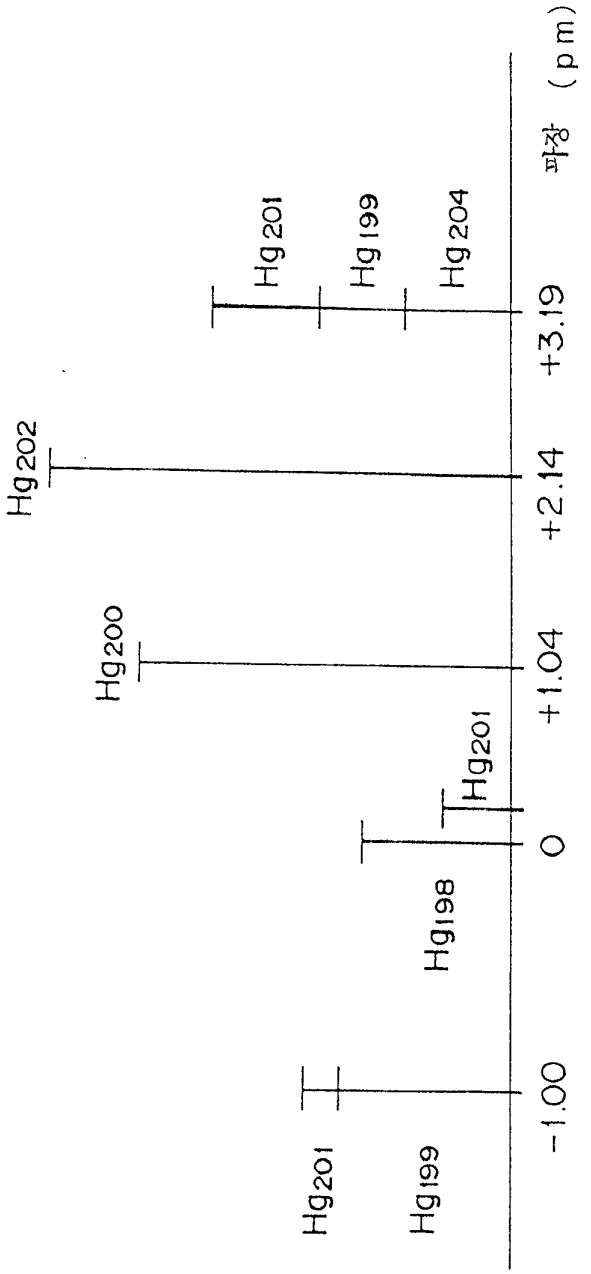
도면

도면1


1
협대역발진
엑시머레이저
2
La
협대역화소자
드라이버
25
3
4
5
La
8
10
9
15
30
온도
컨트롤러
6
11a
Lb
7
14
11
11b
12
20
파장검출
컨트롤러
13
13a 13b 13b 13a

도면2

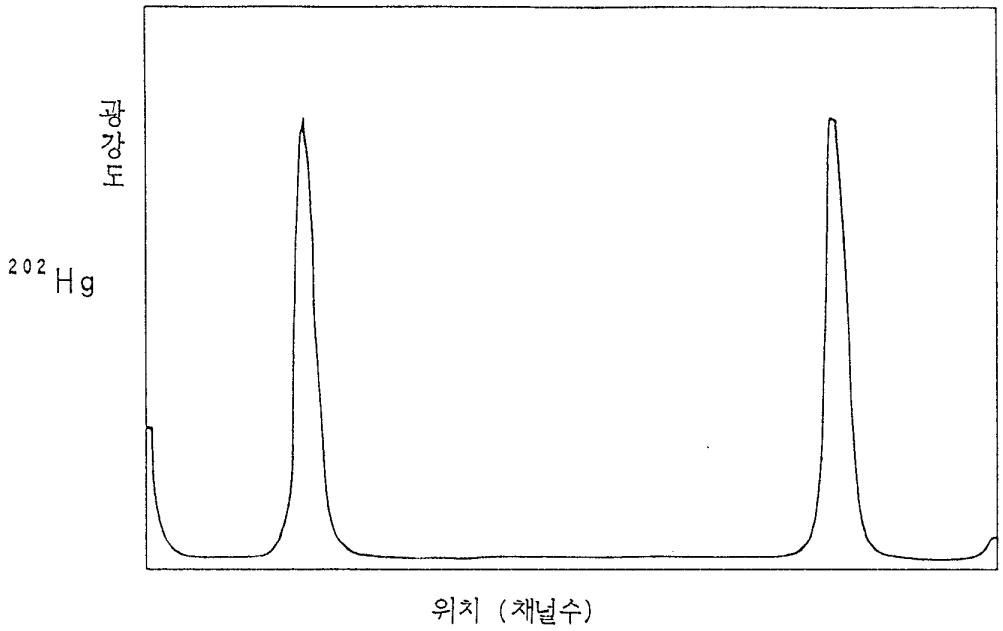
각종 Hg 동위체의 253.7nm선의 파장분포



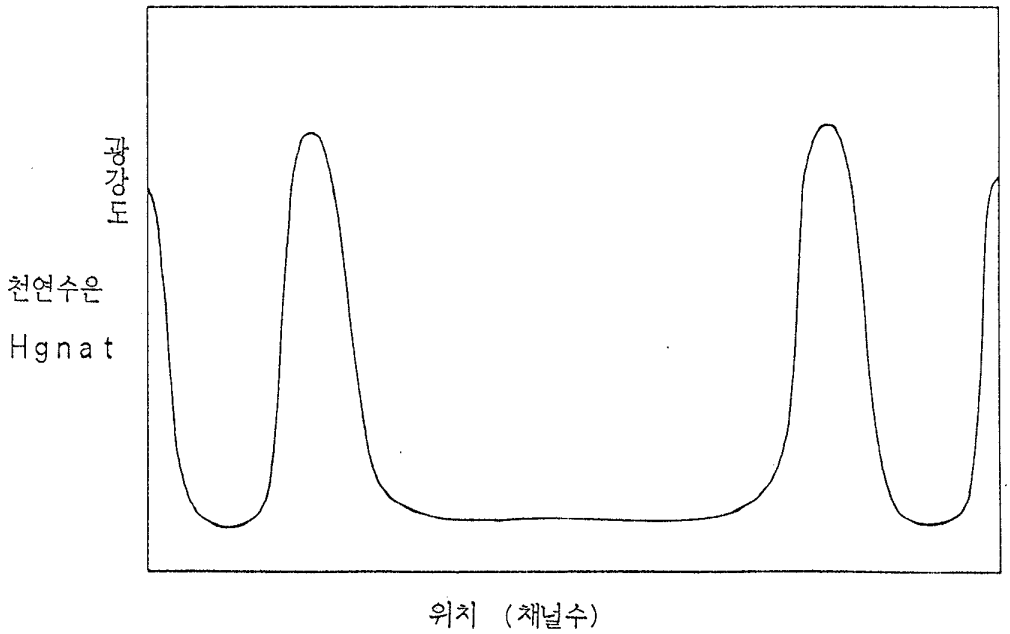
(253.65063nm)

천연 Hgnat.의 각 동위체의 존재비 10%(198)、17%(199)、23%(200)、13%(201)、30%(202)、7%(204)

도면3

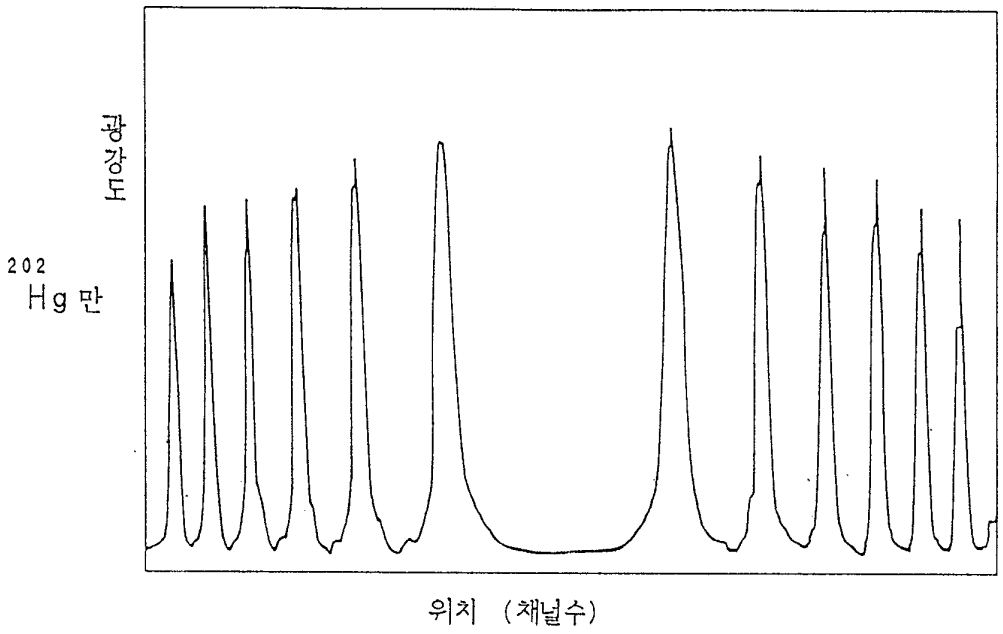


第3(a)図

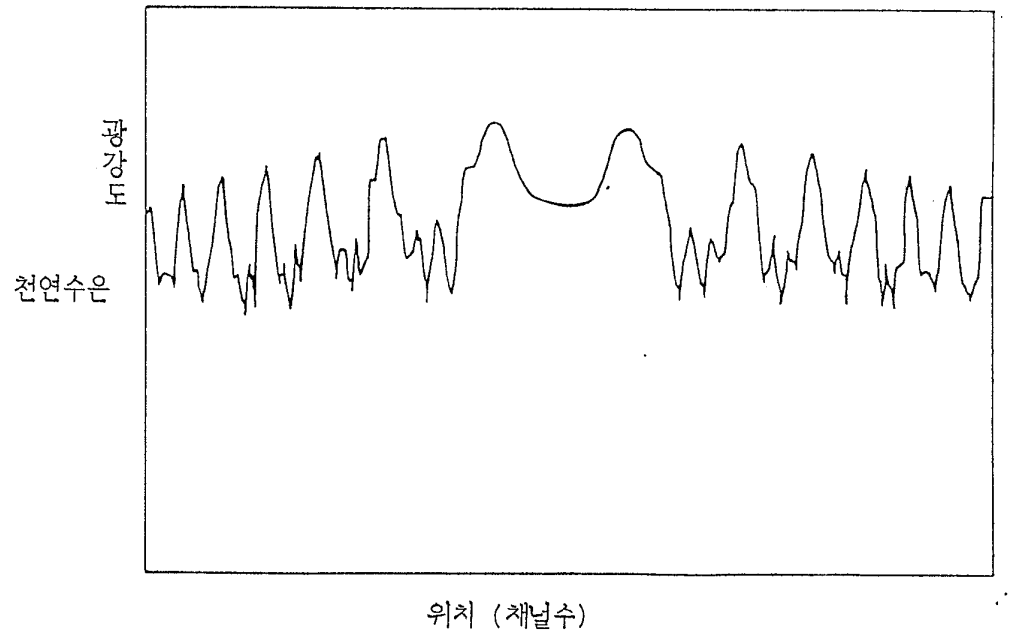


第3(b)図

도면4



第4(a)図

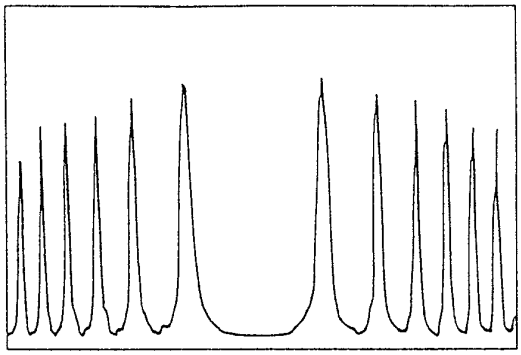


第4(b)図

도면5

^{202}Hg

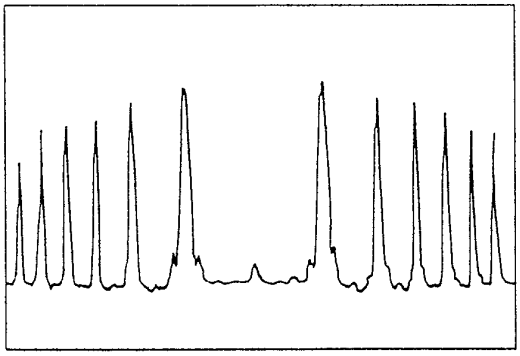
P=99%



第5(a)図

^{202}Hg

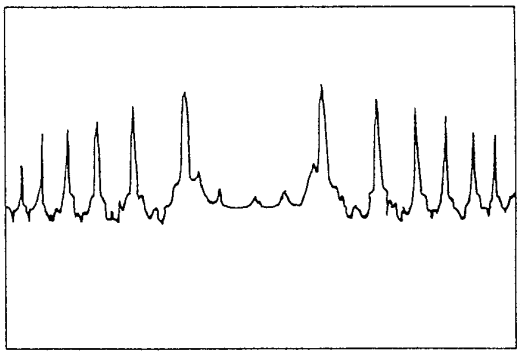
P=70%



第5(b)図

^{202}Hg

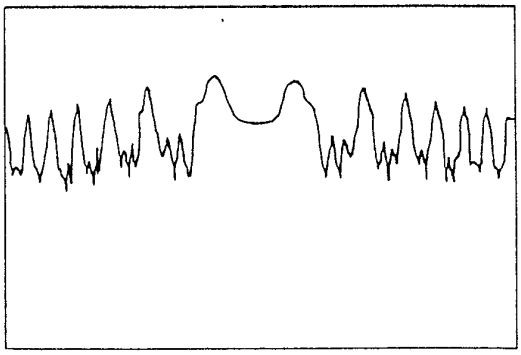
P=61%



第5(c)図

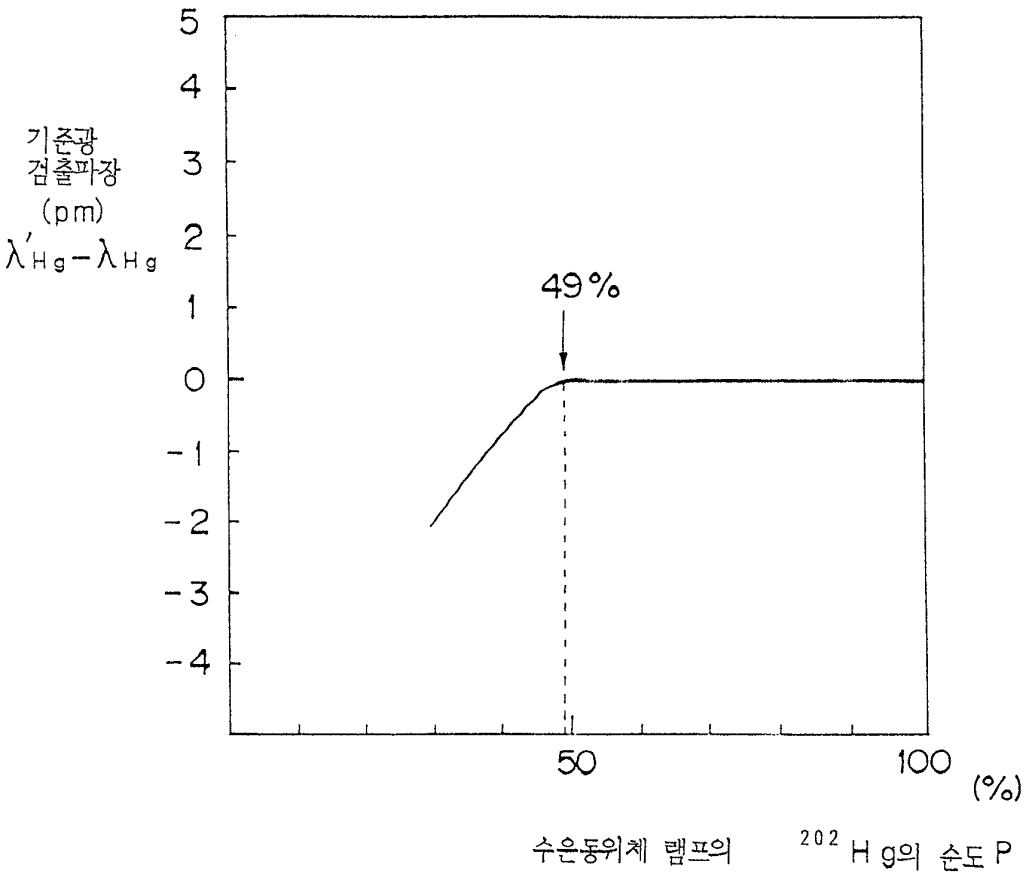
$^{202}Hg(Hgnat)$

P=30%



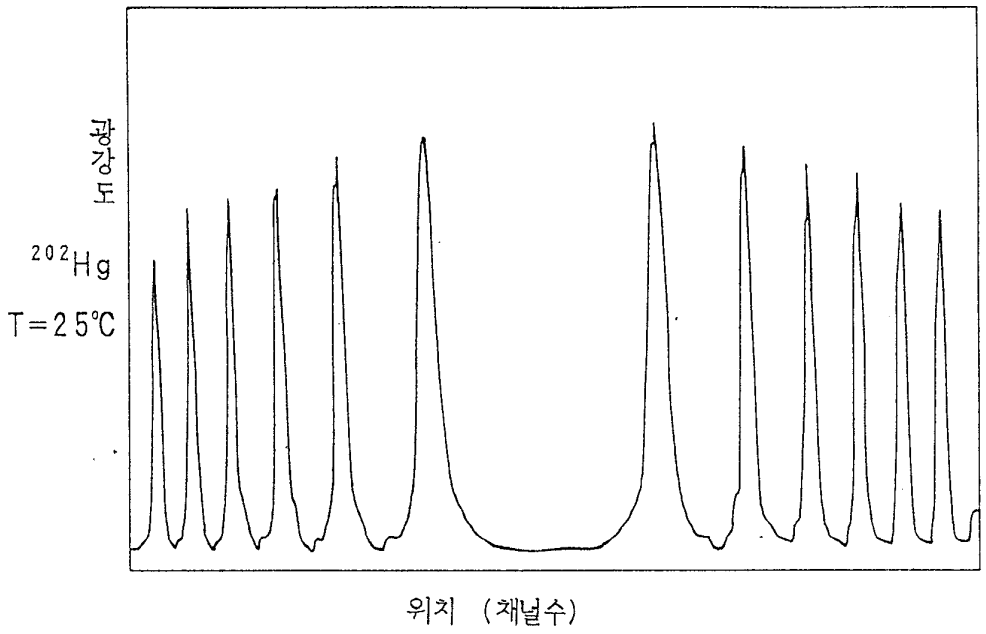
第5(d)図

도면6

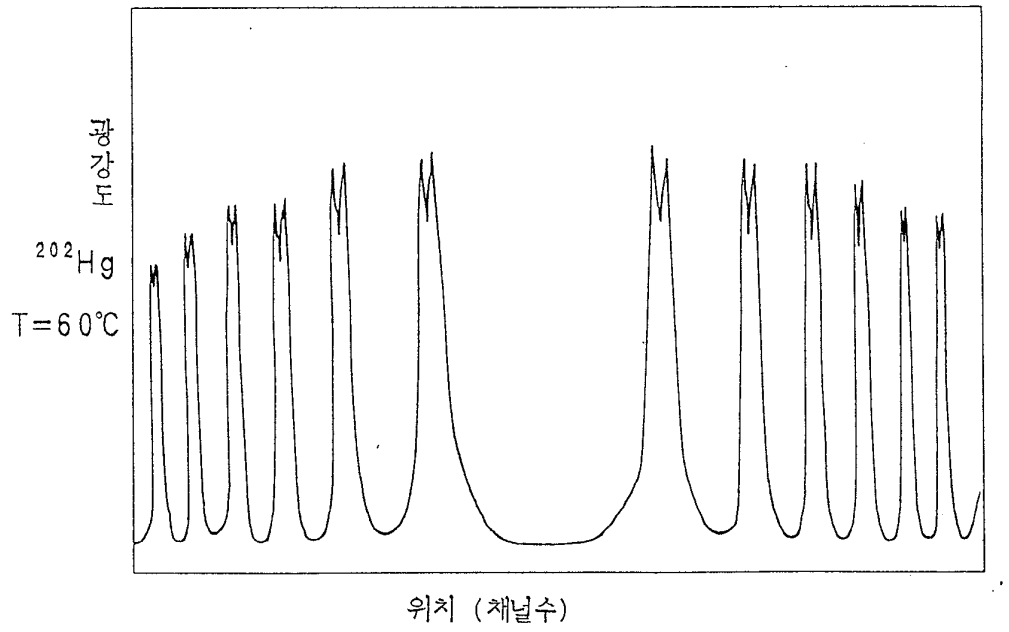


λ_{Hg}=253.65277 (nm)

도면7

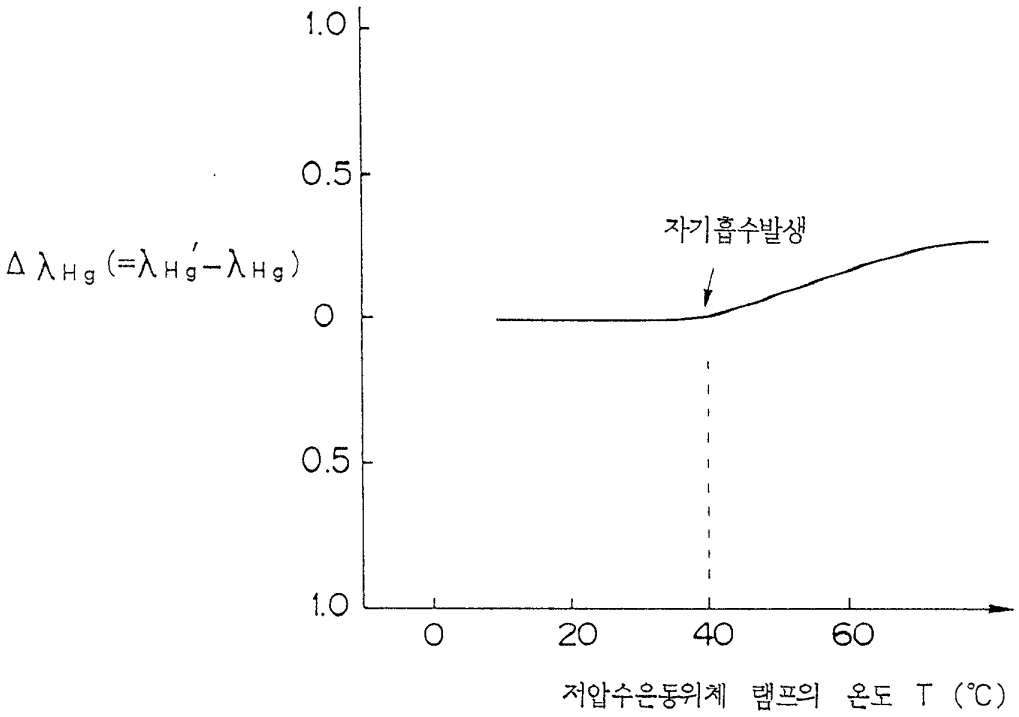


第7(a)図



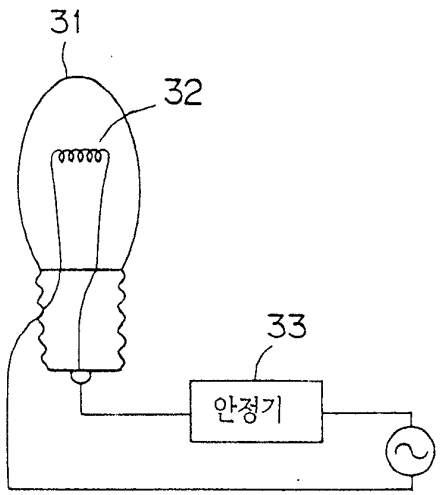
第7(b)図

도면8

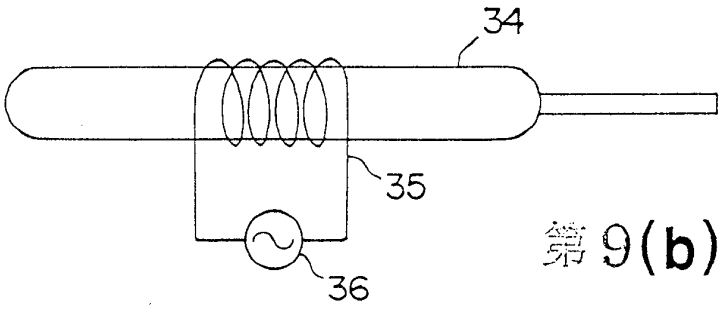


λ_{Hg}=253.65277 (nm)

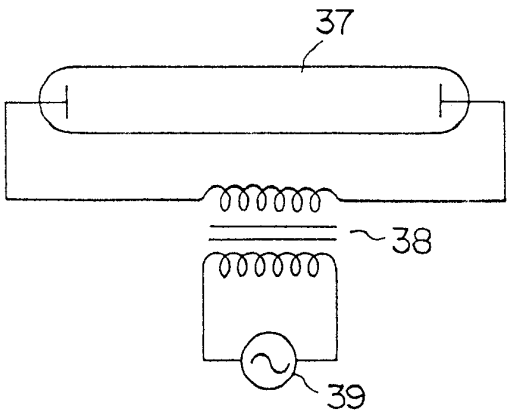
도면9



第9(a)図

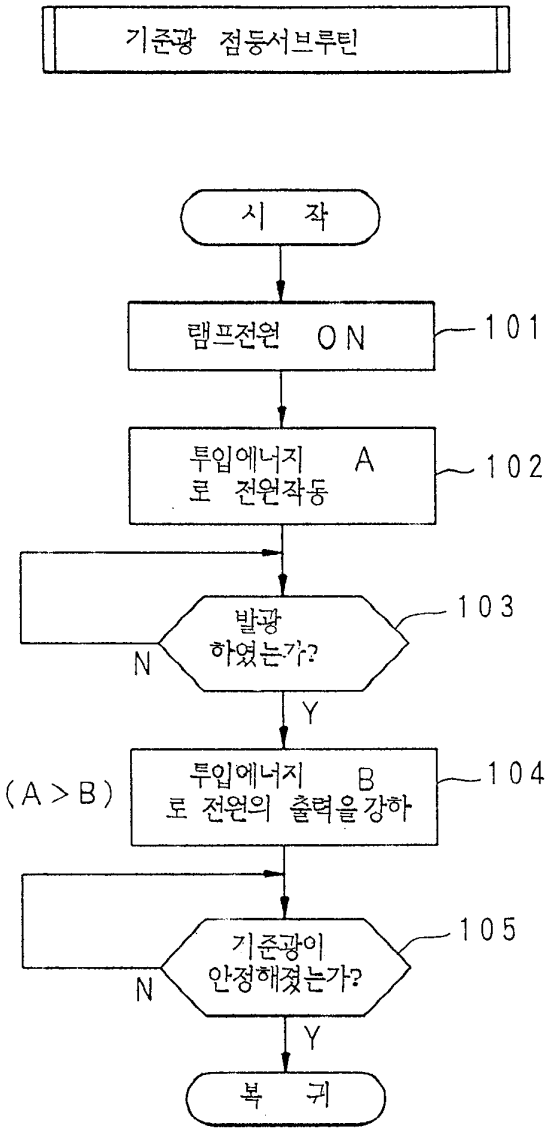


第9(b)図

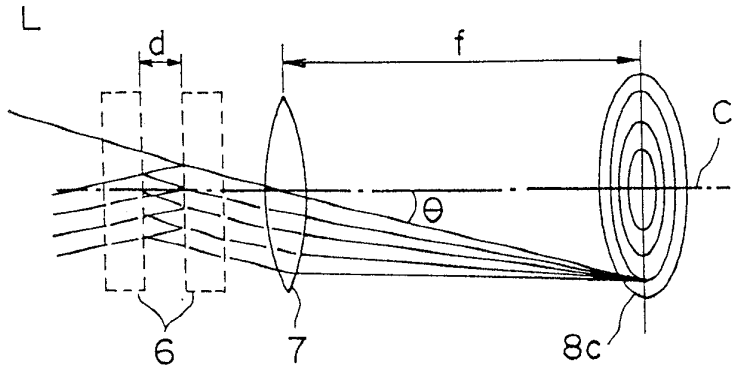


第9(c)図

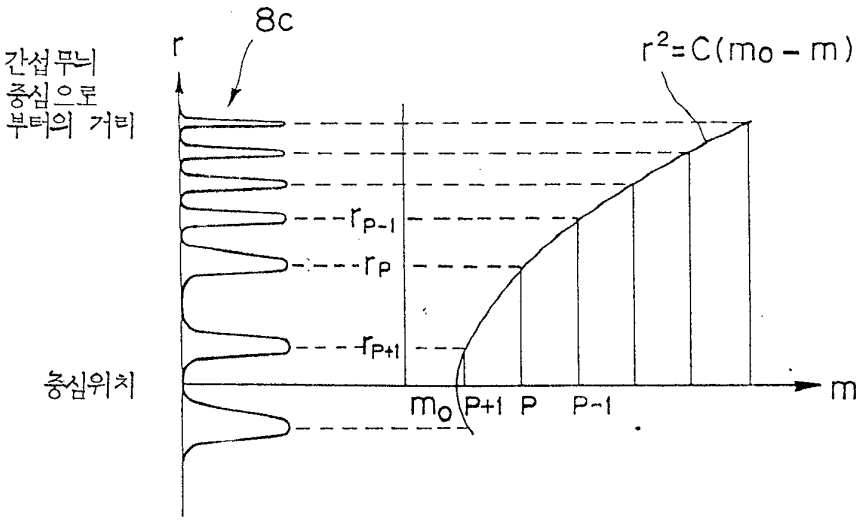
도면10


기준광 점등서브루틴
시 작
램프전원 ON
101
투입에너지 A
로 전원작동
102
발광
하였는가?
103
N
Y
(A>B)
투입에너지 B
로 전원의 출력을강하
104
기준광이
안정해졌는가?
105
N
Y
복 귀

도면11



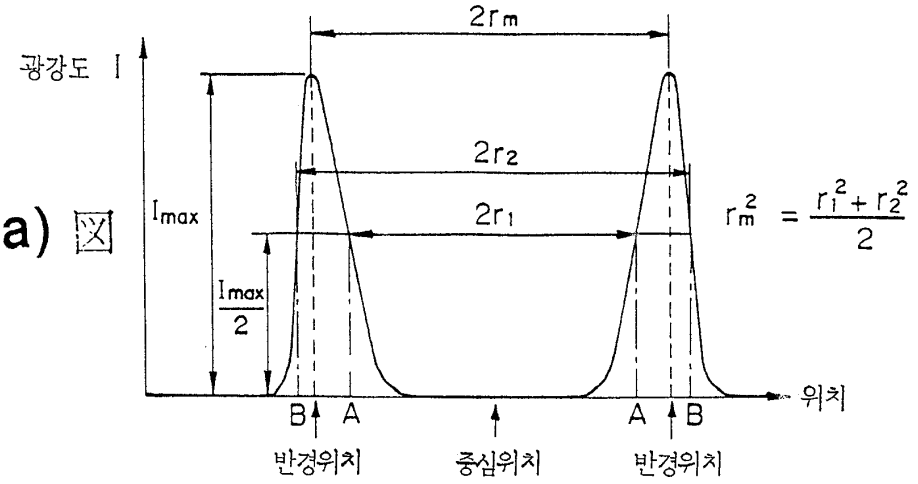
第11(a) 図



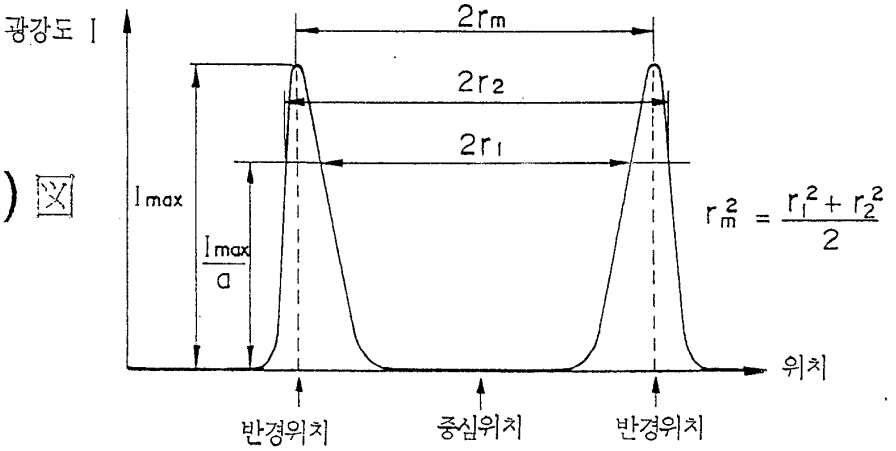
第11(b) 図

도면12

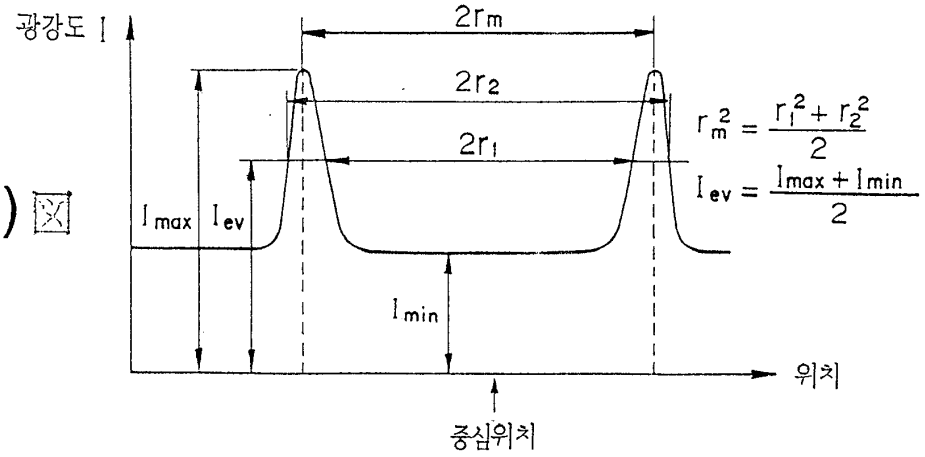
第12(a)図



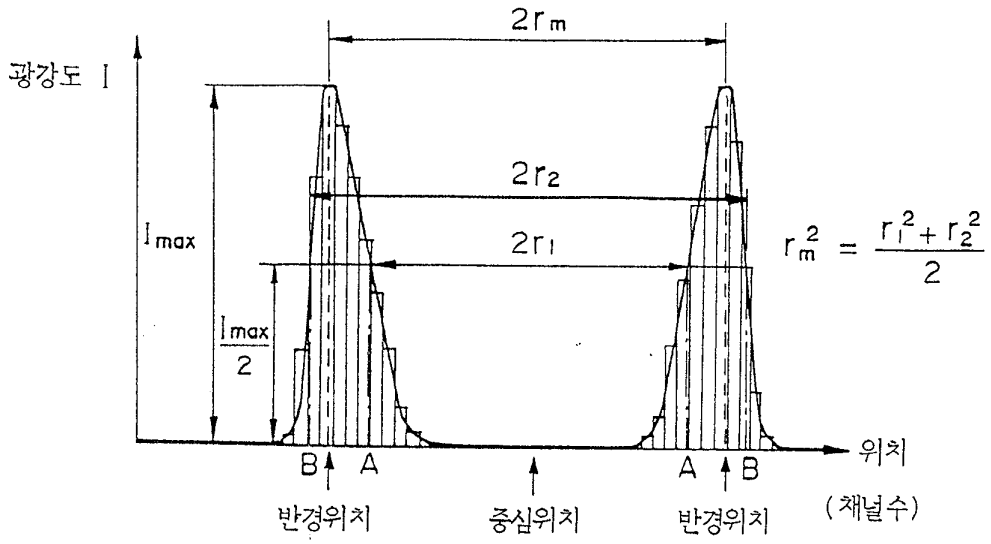
第12(b)図



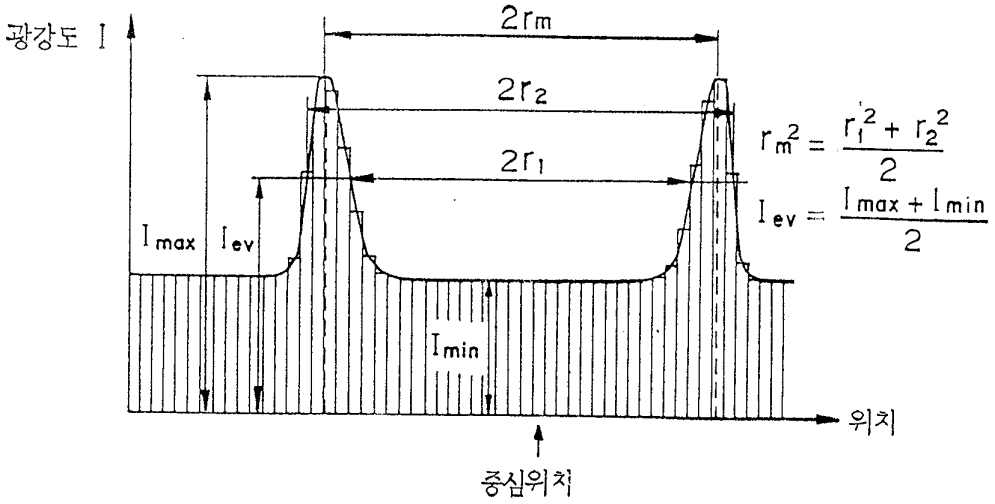
第12(c)図



도면13

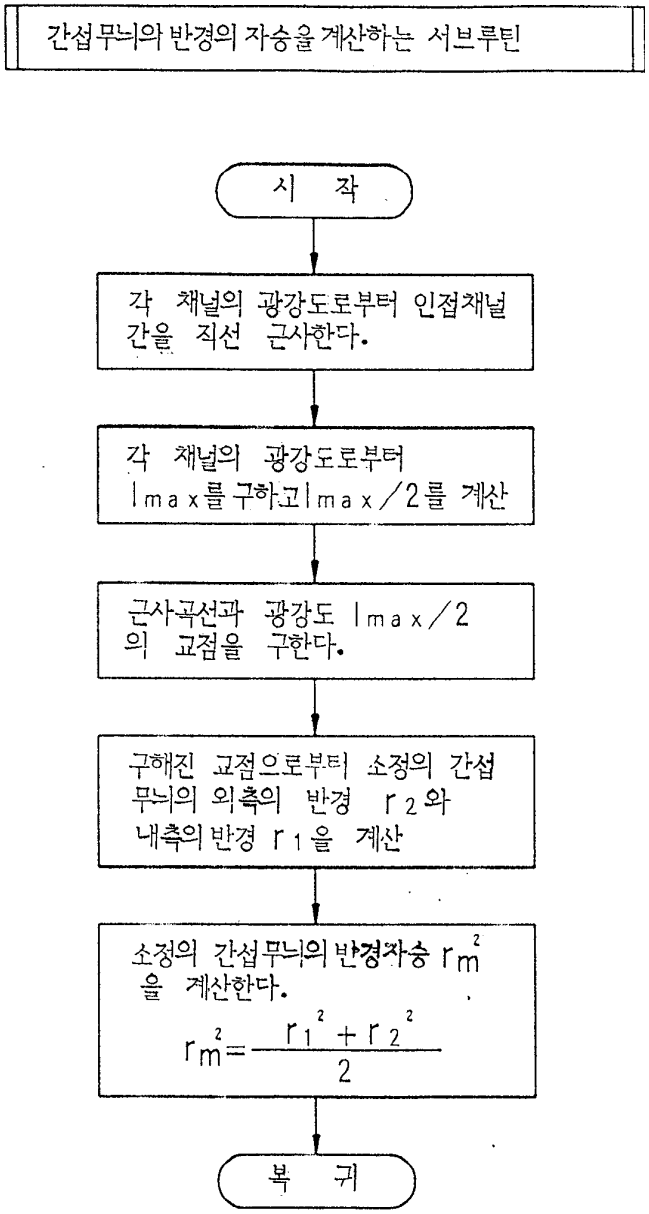


第13(a)図

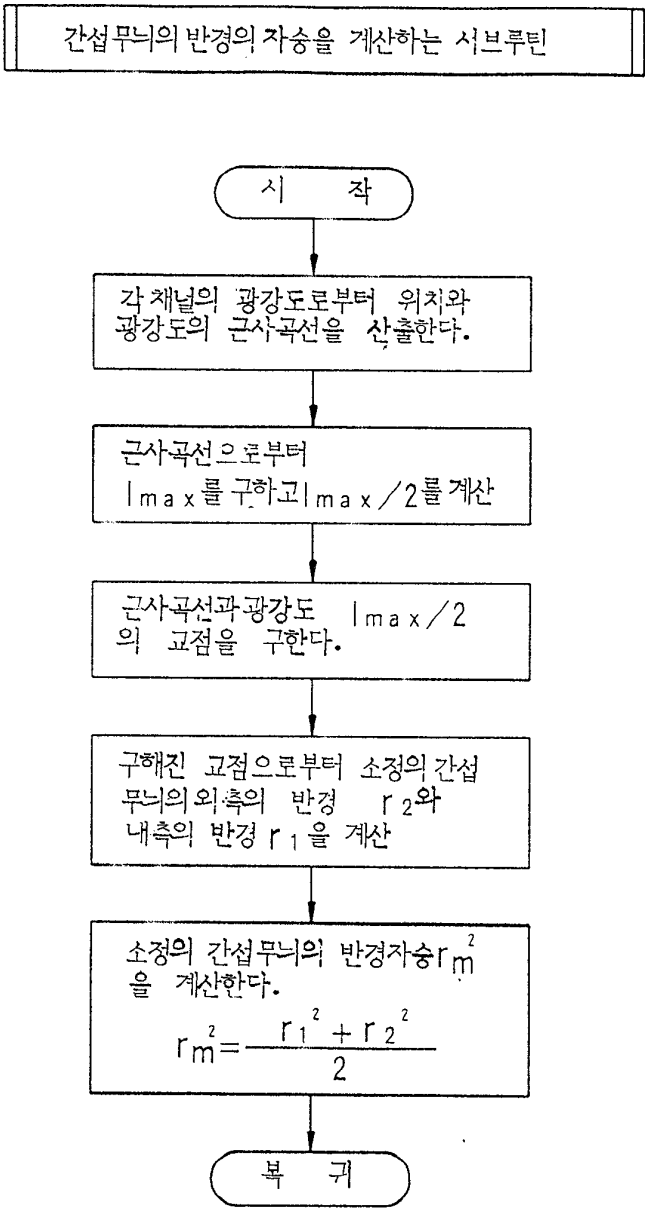


第13(b)図

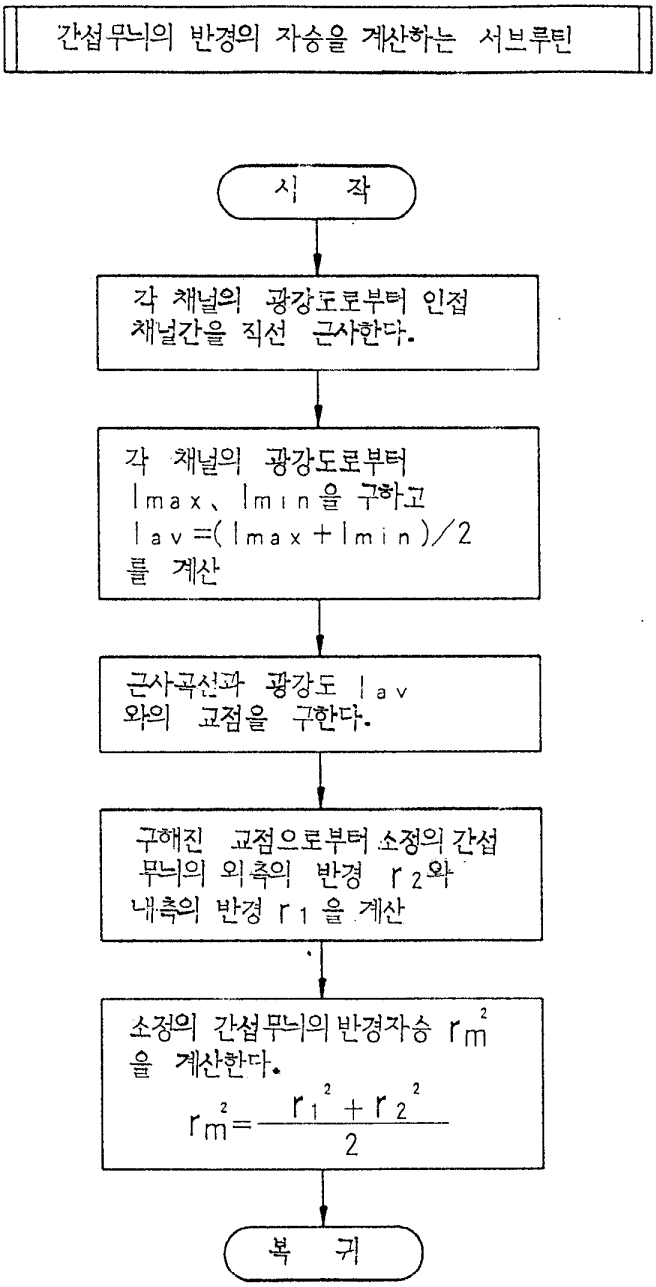
도면14


간섭무늬의 반경의 자승을 계산하는 서브루틴
시 작
각 채널의 광강도로부터 인접채널 간을 직선 근사한다.
각 채널의 광강도로부터 Imax를 구하고 Imax/2를 계산
근사곡선과 광강도 Imax/2 의 교점을 구한다.
구해진 교점으로부터 소정의 간섭 무늬의 외측의 반경 r2와 내측의 반경 r1을 계산
소정의 간섭무늬의 반경자승 rm2 을 계산한다.
rm2=(r1 2 + r2 2)/2
복 귀

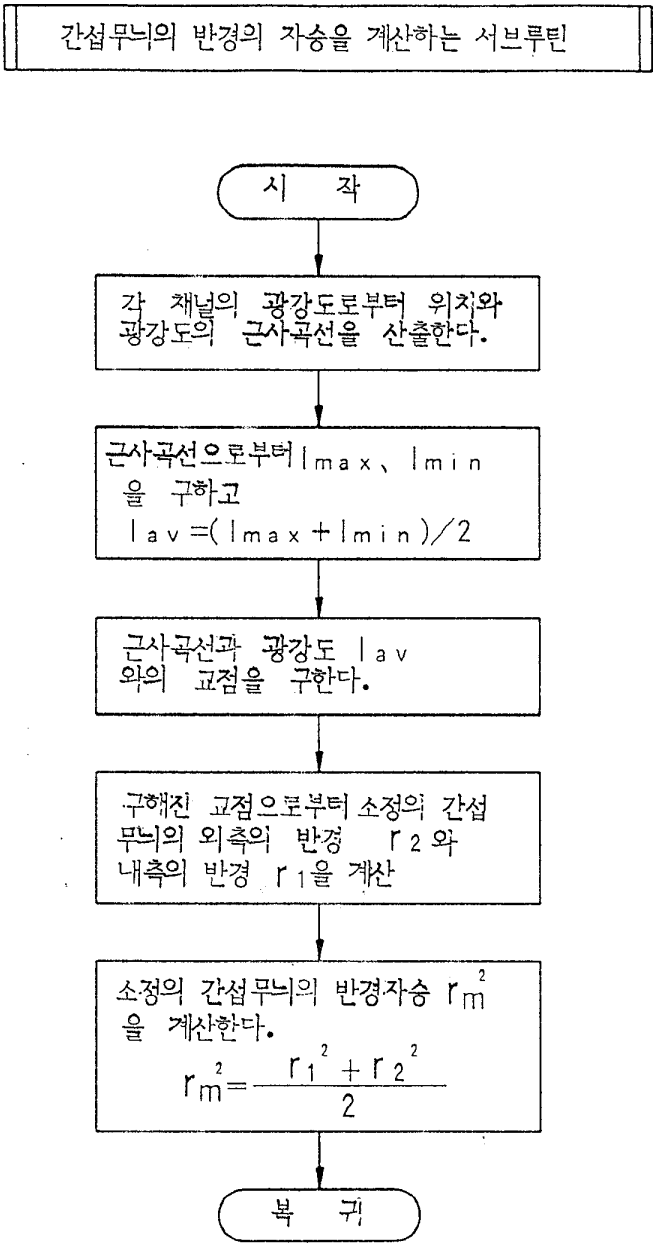
도면15


간섭무늬의 반경의 자승을 계산하는 서브루틴
시 작
각 채널의 광강도로부터 위치와 광강도의 근사곡선을 산출한다.
근사곡선으로부터 Imax를 구하고 Imax/2를 계산
근사곡선과 광강도 Imax/2의 교점을 구한다.
구해진 교점으로부터 소정의 간섭무늬의 외측의 반경 r2와 내측의 반경 r1을 계산
소정의 간섭무늬의 반경자승 rm2을 계산한다.
rm2=(r1^2+r2^2)/2
복 귀

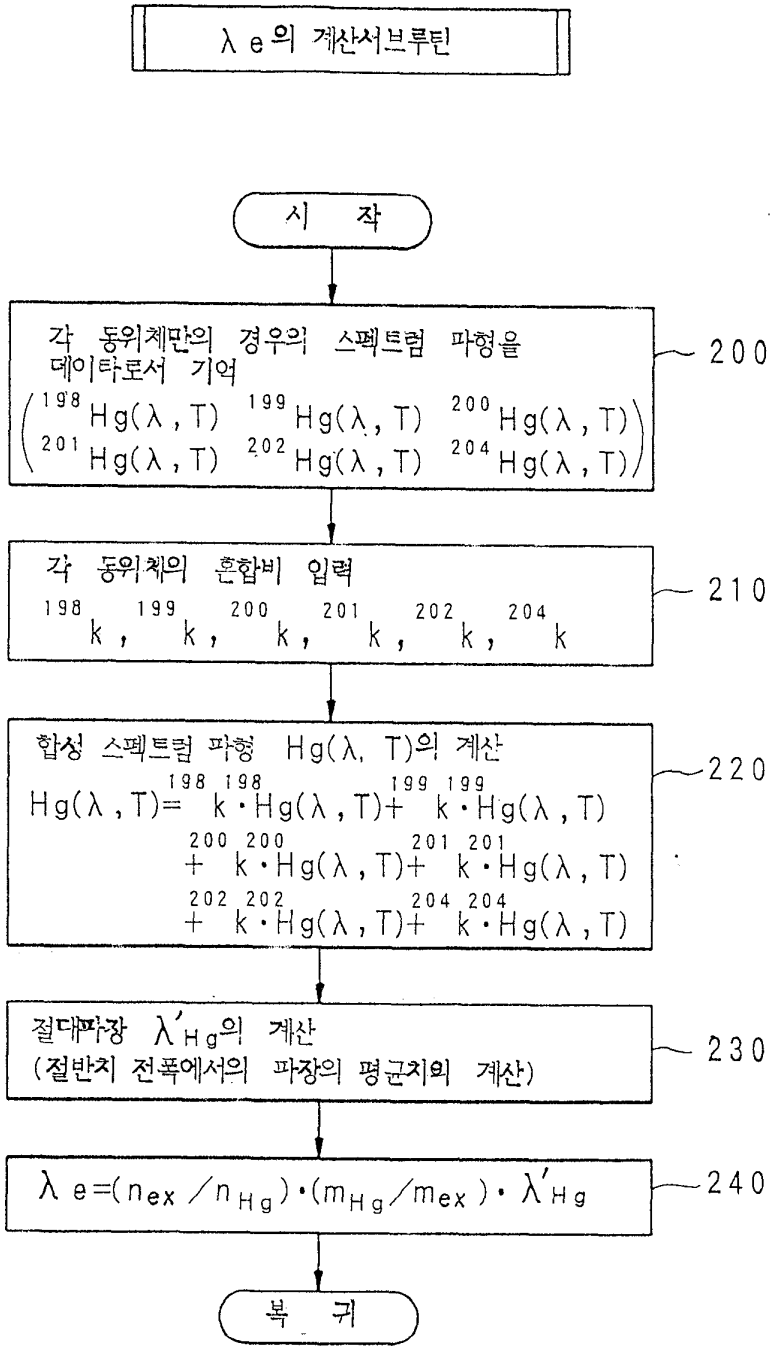
도면16


간섭무늬의 반경의 자승을 계산하는 서브루틴
시 작
각 채널의 광강도로부터 인접 채널간을 직선 근사한다.
각 채널의 광강도로부터 Imax, Imin을 구하고 Iav=(Imax+Imin)/2 를 계산
근사곡선과 광강도 Iav 와의 교점을 구한다.
구해진 교점으로부터 소정의 간섭무늬의 외측의 반경 r2와 내측의 반경 r1 을 계산
소정의 간섭무늬의 반경자승 rm² 을 계산한다.
rm²=(r1²+r2²)/2
복 귀

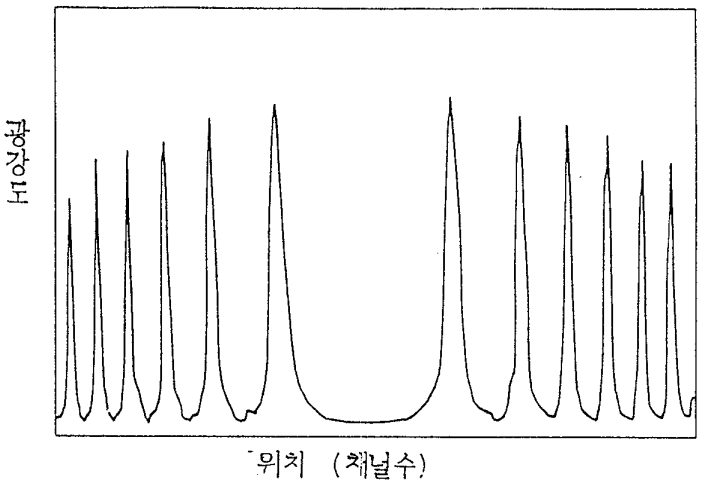
도면17


간섭무늬의 반경의 자승을 계산하는 서브루틴
시 작
각 채널의 광강도로부터 위치와 광강도의 근사곡선을 산출한다.
근사곡선으로부터 Imax、Imin 을 구하고 Iav=(Imax+Imin)/2
근사곡선과 광강도 Iav 와의 교점을 구한다.
구해진 교점으로부터 소정의 간섭무늬의 외측의 반경 r2 와 내측의 반경 r1을 계산
소정의 간섭무늬의 반경자승 rm² 을 계산한다.
rm²=(r1²+r2²)/2
복 귀

도면18

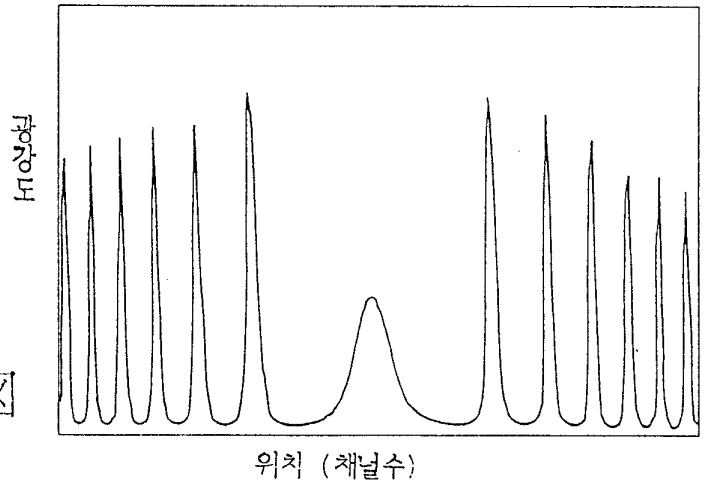

λe의 계산서브루틴
시 작
각 동위체만의 경우의 스펙트럼 파형을 데이타로서 기억
$\left({}^{198}Hg(\lambda,T)\ {}^{199}Hg(\lambda,T)\ {}^{200}Hg(\lambda,T)\right)$
$\left({}^{201}Hg(\lambda,T)\ {}^{202}Hg(\lambda,T)\ {}^{204}Hg(\lambda,T)\right)$
200
각 동위체의 혼합비 입력
${}^{198}k,\ {}^{199}k,\ {}^{200}k,\ {}^{201}k,\ {}^{202}k,\ {}^{204}k$
210
합성 스펙트럼 파형 Hg(λ, T)의 계산
$Hg(\lambda,T)={}^{198}k\cdot{}^{198}Hg(\lambda,T)+{}^{199}k\cdot{}^{199}Hg(\lambda,T)$
$+{}^{200}k\cdot{}^{200}Hg(\lambda,T)+{}^{201}k\cdot{}^{201}Hg(\lambda,T)$
$+{}^{202}k\cdot{}^{202}Hg(\lambda,T)+{}^{204}k\cdot{}^{204}Hg(\lambda,T)$
220
절대파장 λ'_{Hg}의 계산
(절반치 전폭에서의 파장의 평균치의 계산)
230
$\lambda e=(n_{ex}/n_{Hg})\cdot(m_{Hg}/m_{ex})\cdot\lambda'_{Hg}$
240
복 귀

도면19



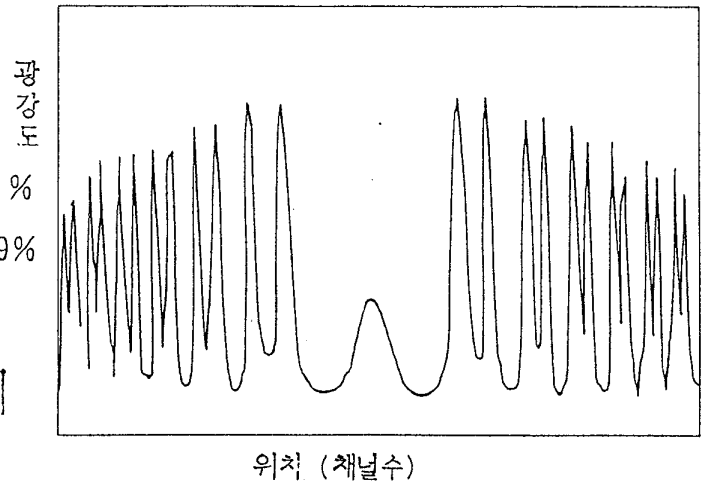
^{202}Hg 99%

第19(a)図



^{198}Hg 99%

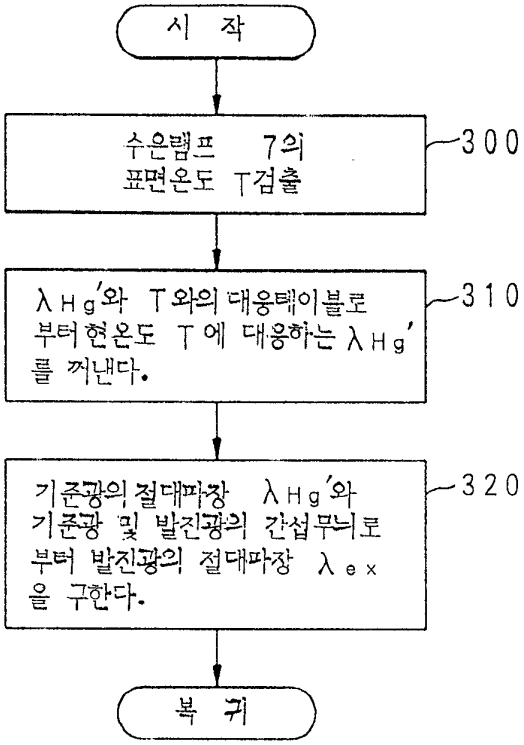
第19(b)図



^{202}Hg 51%
^{198}Hg 49%

第19(c)図

도면20


시 작
수은램프 7의 표면온도 T검출
300
λHg'와 T와의 대응테이블로부터 현온도 T에 대응하는 λHg'를 끄낸다.
310
기준광의 절대파장 λHg'와 기준광 및 발진광의 간섭무늬로부터 발진광의 절대파장 λex을 구한다.
320
복 귀