

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 11월 24일 (24.11.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/186377 A1

- (51) 국제특허분류:
G01S 17/36 (2006.01) G01S 7/486 (2006.01)
G01S 7/491 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/005028
- (22) 국제출원일: 2016년 5월 12일 (12.05.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0067761 2015년 5월 15일 (15.05.2015) KR
- (71) 출원인: 한국과학기술원 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [KR/KR]; 34141 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 김승우 (KIM, Seung-Woo); 34141 대전시 유성구 대학로 291 한국과학기술원, Daejeon (KR). 한성흠 (HAN, Seongheum); 17586 경기도 안성시 월덕천길 17, 102-1601, Gyeonggi-do (KR). 장윤수 (JANG, Yoon-Soo); 04732 서울시 성동구 독서당로 175, 101-901, Seoul (KR). 장희숙 (JANG, Heesuk); 53067 경상남도 통영시 도천상가안길 47, 102-501, Gyeongsangnam-do (KR). 이근우 (LEE, Keunwoo); 27849 충청북도 진천군

진천읍 중앙동로 133-4, D-204, Chungcheongbuk-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인 플러스 (PLUS INTERNATIONAL IP LAW FIRM); 35209 대전시 서구 한밭대로 809 10층, Daejeon (KR).

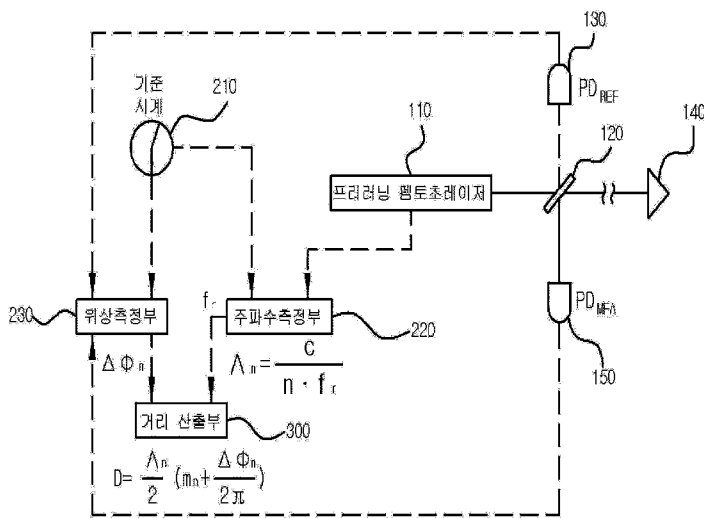
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[다음 쪽 계속]

(54) Title: DISTANCE MEASUREMENT DEVICE USING FREE RUNNING FEMTOSECOND LASER-BASED REAL-TIME DETERMINATION OF SYNTHETIC WAVE

(54) 발명의 명칭 : 프리러닝 펄초 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치



110 ... Free running femtosecond laser
210 ... Reference clock
220 ... Frequency measurement unit
230 ... Phase measurement unit
300 ... Distance calculation unit

distance calculation unit calculates information regarding a distance between the light splitting device and the measurement target using the repetition rate, the degree of the synthetic wave and the phase difference.

(57) 요약서:

(57) Abstract: The present invention relates to a distance measurement device using a free running femtosecond laser-based real-time determination of a synthetic wave, which is capable of measuring a long distance with high resolution by real-time measurement of the wavelength and phase of a long-wavelength synthetic wave generated due to interference between frequency modes in a free running femtosecond laser. In the distance measurement device according to the present invention, a free running femtosecond laser light source emits laser light; a light splitting device splits the laser light emitted from the free running femtosecond laser light source into reference light and measurement light reflected from a measurement target; a reference light detector and a measurement light detector respectively detect the reference light and the measurement light, and respectively convert the reference light and the measurement light to electrical signals; a frequency measurement unit measures the repetition rate of the free running femtosecond laser and also determines the degree of the synthetic wave to be extracted; a phase measurement unit synthesizes the detected reference light and measurement light respectively with a high frequency signal, and measures a phase difference between the synthesized reference light and the synthesized measurement light; and a distance calculation unit calculates information regarding a distance between the light splitting device and the measurement target using the repetition rate, the degree of the synthetic wave and the phase difference.

[다음 쪽 계속]

WO 2016/186377 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, **공개:**
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은 프리러닝하는 펄스 레이저에서 주파수 모드간의 간섭으로 생성된 긴 파장의 합성파의 파장과 위상을 실시간으로 측정함으로써 고분해능으로 긴 거리를 측정하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따른 거리측정 장치에서, 프리러닝 펄스 레이저 광원은 레이저 광을 방사하고, 광분할기는 프리러닝 펄스 레이저 광원으로부터 방사되는 레이저 광을 기준광과 측정표적으로부터 반사되는 측정광으로 분리하며, 기준용 광검출기와 측정용 광검출기는 기준광과 측정광을 각각 검출하여 전기적 신호로 변환한다. 그리고 주파수 측정부는 프리러닝 펄스 레이저의 반복률을 측정함과 동시에 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정하고, 위상 측정부는 검출된 기준광 및 측정광을 상기 고주파 신호와 각각 합성하여 합성된 기준광과 합성된 측정광 간의 위상차를 측정하고, 거리 산출부는 반복률, 합성파의 차수 및 위상차를 이용하여 상기 광분할기와 상기 측정표적간의 거리정보를 산출한다.

명세서

발명의 명칭: 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치

기술분야

- [1] 본 발명은 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치에 관한 것으로, 프리러닝하는 펄스 레이저에서 주파수 모드간의 간섭으로 생성된 합성파의 파장과 위상을 실시간으로 측정함으로써, 구성이 단순하면서도 고분해능으로 거리를 측정할 수 있는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 본 발명은 펄스 레이저의 수많은 모드간의 간섭으로부터 라디오파 대역의 긴 파장의 합성파를 생성하고, 이를 이용해서 거리를 측정하는 펄스 레이저 합성과 간섭계(synthetic wavelength interferometer)와 관련된다.
- [3] 일반적으로 펄스 레이저 합성과 간섭계는 주파수 모드간의 간섭에 의하여 파장이 서로 다른 합성파들이 펄스 레이저에서 생성되면, 이 가운데 측정거리에 적합한 특정한 파장의 합성파들을 선택하여, 선택된 합성파들이 간섭계의 기준팔(reference arm)과 측정팔(measurement arm)에서의 진행하는 과정을 비교하여 원하는 거리를 측정할 수 있다.
- [4] 종래의 펄스 레이저를 이용한 거리측정 방법에서는 선택된 합성파들의 파장이 시간에 따라 변화하지 않는 것으로 가정하였다. 그리고 선택된 합성파들의 파장은 펄스 레이저 공진기의 광경로 길이에 의해서 결정되는 주파수 모드간 간격에 의존하기 때문에, 공진기의 광경로 길이를 일정하게 유지시키기 위한 기술이 필요하였다.
- [5] 구체적으로 공진기의 길이와 주파수 모드간 간격의 관계에 대해서 설명하면, 주파수 모드간의 간격은 레이저 펄스가 생성되는 반복률(f_r)과 동일하고,

공진기의 구조에 따라 반복률(f_r)은 (원형) 또는

$$f_r = \frac{c}{L} \quad f_r = \frac{c}{2L}$$

(선형)로 나타낼 수 있다. 여기서, c 는 공진기 내부에서의 광속이고, L 은

펄스 레이저 공진기의 길이이다. 온도 및 환경의 변화로 인해서 공진기의 길이 L 이 변하게 되면, 펄스 레이저의 반복률도 함께 변화하게 되는데, 이 경우

레이저 펄스가 원자시계에 위상 잠금될 수 있도록 레이저 공진기의 길이를 제어함으로써, 펄스 레이저의 반복률을 안정화할 수 있다.

- [6] 상기와 같은 원리를 통해서 펄스 레이저 반복률의 주파수 안정도를 높일 수

있으므로, 종래의 펄초 레이저를 이용한 거리측정 방법에서는 반복률이 안정화된 펄초 레이저를 사용하고 있다. 다만, 반복률을 안정화시키기 위해서는, 공진기의 길이를 미세하게 제어할 수 있어야 하므로, 압전소자, 전압증폭기, 함수 발생기, 위상동기루프(phase locked loop)회로 등과 같은 복잡한 장치들이 필요하였다.

- [7] 그런데 상기의 장치들을 이용함으로써 높은 수준으로 반복률을 안정화하는 것이 가능하더라도, 압전소자의 구동범위가 10 μ m 이내의 수준으로 제한되기 때문에, 주변 환경의 온도변화가 수 $^{\circ}$ C 이상 발생할 때는 반복률을 안정화할 수 있는 제어범위를 벗어나게 되며, 더 심한 경우에는 펄초 레이저 펄스의 생성조차도 불가능해지는 상황이 발생할 수 있다. 이와 같은 경우에는 종래의 펄초 레이저를 이용한 거리측정 방법은 더 이상 사용이 불가능하게 된다.
- [8] 뿐만 아니라, 종래의 펄초 레이저 합성파를 이용한 거리 측정 방법의 경우에는 전자기기나 광학기기에서 발생하는 누화(cross talk)에 의해 수 mm 이상의 주기적인 오차(cyclic error)도 발생한다.
- [9] 따라서, 펄초 레이저 공진기의 길이 조절에 대한 한계를 극복하고, 전자기기나 광학기기의 누화에 따라 발생하는 주기적인 오차를 줄이기 위한 거리측정 방법이 필요하다.
- [10] 한국등록특허공보 제1448831호는 펄초 레이저 기반의 합성파 간섭계를 이용하여 거리를 측정하는 장치로서, 펄초 레이저 기반의 위상 잠금 합성파 간섭계를 이용하면서도 위상에 따른 비선형오차를 제거한 거리측정 기술을 개시하고 있다.
- [11] 다만, 펄초 레이저 공진기의 길이 조절에 대한 한계는 극복하지 못하였다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [12] 이에 본 발명은 프리러닝하는 펄초 레이저에서 주파수 모드간의 간섭으로 생성된 합성파의 파장과 위상을 실시간으로 측정함으로써, 구성이 단순하면서도 고분해능으로 거리를 측정할 수 있는 프리러닝 펄초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [13] 본 발명의 다른 목적들은 이하의 실시예에 대한 설명을 통해 쉽게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [14] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 프리러닝 펄초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치는, 레이저 광을 방사하는 프리러닝 펄초 레이저 광원; 상기 레이저 광이 입사되며, 상기 레이저 광을 기준광과 측정표적으로부터 반사되는 측정광으로 분리하는 광분할기; 상기 기준광을 검출하는 기준용 광검출기; 상기 측정광을

검출하는 측정용 광검출기; 상기 레이저 광의 반복률을 측정하고, 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정하여, 상기 반복률과 상기 차수를 출력하는 주파수 측정부; 검출된 기준광 및 측정광을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 혼합된 기준광 및 혼합된 측정광을 각각 저주파 통과 여과기에 통과시켜 추출된 기준 합성파와 측정 합성파의 위상차를 측정하는 위상 측정부; 상기 반복률, 상기 위상차 및 상기 합성파의 차수를 이용하여 상기 광분할기와 상기 측정표적간의 거리정보를 산출하는 거리 산출부;를 포함하고, 상기 고주파 신호는 상기 반복률과 상기 합성파의 차수에 근거하여 결정될 수 있다.

[15] 또한, 상기 거리정보는 다음 수학적식,

[16] $D = \frac{\Lambda_n}{2} \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right)$ 에 의해 산출될 수 있다.

[17] 여기서, D : 상기 거리정보,

[18] $\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$: 프리러닝 펄스 레이저의 n 차 합성파의 파장,

[19] c : 대기 중 빛의 속도,

[20] f_r : 프리러닝 펄스 레이저의 반복률,

[21] m_n : $\frac{\Lambda_n}{2}$ 에 곱해졌을 때, 거리정보의 값을 넘지 않는 가장 큰 값을

생성하는 정수값,

[22] $\Delta\phi_n$: 선택된 n 차 기준광의 합성파와 선택된 n 차 측정광의 합성파의 위상차이다.

[23] 또한, 상기 측정표적은 거울일 수 있다.

[24] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치는, 레이저 광을 방사하는 프리러닝 펄스 레이저 광원; 상기 레이저 광이 입사되며, 상기 레이저 광을 기준광과 측정표적에 입사되는 측정광으로 분리하는 광분할기; 상기 기준광을 검출하는 기준용 광검출기; 상기 측정광을 검출하는 측정용 광검출기; 상기 레이저 광의 반복률을 측정하고, 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정하여, 상기 반복률과 상기 차수를 출력하는 주파수 측정부; 검출된 기준광 및 측정광을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 혼합된 기준광 및 혼합된 측정광을 각각 저주파 통과 여과기에 통과시켜 추출된 기준

합성파와 측정 합성파의 위상차를 측정하는 위상 측정부; 및 상기 반복률, 상기 위상차 및 상기 합성파의 차수를 이용하여 상기 광분할기와 상기 측정표적간의 거리정보를 산출하는 거리 산출부;를 포함하고, 상기 고주파 신호는 상기 반복률과 상기 합성파의 차수에 근거하여 결정될 수 있다.

[25] 또한, 상기 거리정보는 다음 수학적식,

[26] $D = \Lambda_n \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right)$ 에 의해 산출될 수 있다.

$$D = \Lambda_n \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right)$$

[27] 여기서, D : 상기 거리정보,

[28] Λ_n : 프리러닝 펄스 레이저의 n 차 합성파의 파장

$$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$$

[29] c : 대기 중 빛의 속도

[30] f_r : 프리러닝 펄스 레이저의 반복률,

[31] m_n : Λ_n 에 곱해졌을 때, 거리정보의 값을 넘지 않는 가장 큰 값을 생성하는 정수값,

[32] $\Delta\phi_n$: 선택된 n 차 기준광의 합성파와 선택된 n 차 측정광의 합성파의 위상차이다.

[33] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 또 다른 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치는, 레이저 광을 방사하는 프리러닝 펄스 레이저 광원; 상기 레이저 광이 입사되며, 상기 레이저 광을 기준광과 서로 다른 측정표적들에 입사되는 둘 이상의 측정광들로 분리하는 다채널광분할기; 상기 기준광을 검출하는 기준용 광검출기; 상기 측정광들과 일대일 대응이 되어, 상기 측정광을 각각 검출하는 둘 이상의 측정용 광검출기들로 구성된 다채널 측정용 광검출기; 상기 레이저 광의 반복률을 측정하고, 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정하여, 상기 반복률과 상기 차수를 출력하는 주파수 측정부; 검출된 기준광 및 측정광들을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 혼합된 기준광 및 혼합된 측정광들을 저주파 통과 여과기에 통과시켜 추출된 기준 합성파들과 각각의 측정 합성파들의 위상차들을 측정하는 다채널위상 측정부; 상기 반복률, 상기 위상차들 및 상기 합성파의 차수를 이용하여, 상기 광분할기와 각각의 상기 위상차와 관련된 측정광이 입사한 측정표적들간의 각각의 거리정보들을 산출하는 거리 산출부;를 포함하고 상기 고주파 신호는 상기 반복률과 상기 합성파의 차수에

근거하여 결정될 수 있다.

[34] 또한, 상기 거리정보들은 다음 수학적식,

[35] $\Delta\phi_{n,i}$ 에 의해 산출될 수 있다.

$$D_i = \Lambda_n \left(m_{n,i} + \frac{\Delta\phi_{n,i}}{2\pi} \right)$$

[36] 여기서, D_i : 상기 거리정보,

[37] $2 \leq i \leq$ 측정 표적의 수

[38] Λ_n : 프리러닝 펄스 레이저의 n 차 합성파의 파장,

$$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$$

[39] c : 대기 중 빛의 속도,

[40] f_r : 프리러닝 펄스 레이저의 반복률,

[41] $m_{n,i}$: Λ_n 에 곱해졌을 때, i 번째 측정 표적의 거리정보의 값을 넘지 않는

가장 큰 값을 생성하는 정수값,

[42] $\Delta\phi_{n,i}$: n 차 합성파로 i 번째 측정 표적의 거리를 측정하였을 때, 기준광의

합성파와 측정광의 합성파의 위상차이다.

[43] 또한, 상기 프리러닝 펄스 레이저 광원은 1550nm의 중심 파장, 50nm의 대역폭, 100fs의 펄스폭을 가지는 어븀 광섬유 펄스 레이저일 수 있다.

[44] 또한, 상기 프리러닝 펄스 레이저 광원은 1030nm의 중심 파장, 50nm의 대역폭, 50fs의 펄스폭을 가지는 티타늄 광섬유 펄스 레이저일 수 있다.

[45] 또한, 상기 프리러닝 펄스 레이저 광원은 800nm의 중심 파장, 100nm의 대역폭, 10fs의 펄스폭을 가지는 티타늄:사파이어 펄스 레이저일 수 있다.

발명의 효과

[46] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명은 프리러닝하는 펄스 레이저에서 주파수 모드간의 간섭으로 생성된 합성파의 파장과 위상을 실시간으로 측정함으로써, 구성이 단순하면서도 고분해능으로 거리를 측정할 수 있는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치를 제공할 수 있다.

[47] 또한, 펄스 레이저 공진기의 길이 조절의 한계를 극복하고, 전자기기나 광학기기에 의한 주기적인 오차를 줄일 수 있다.

[48] 뿐만 아니라, 한 대의 레이저만을 가지고 여러 지점의 거리를 동시에 측정 할 수 있는 기능을 손쉽게 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [49] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치의 블록도이다.
- [50] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치에서 거울이 생략된 경우의 블록도이다.
- [51] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치에서 광커플러가 추가된 경우의 블록도이다.
- [52] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치를 이용하여 여러 지점에서 거리를 측정하는 경우에 대한 개요도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [53] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태로 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [54] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [55] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.
- [56] 본 출원인은 펄스 레이저의 합성과를 이용하여 거리를 측정할 때, 펄스 레이저를 안정화시키는 장치를 간소화하여 경제성 및 성능을 제고하는 방법을 고민한 결과, 기존의 펄스 레이저 대신 반복률을 안정화 하지 않는 프리러닝 펄스 레이저를 사용하고, 프리러닝 펄스 레이저의 주파수를 측정하는 장치를 추가하여 본 발명을 완성하기에 이르렀다.
- [57] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치를 상세히 설명한다.
- [58] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치의 블록도이다. 도 1을 참조하면 본 발명의 일 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치는 프리러닝 펄스 레이저 광원(110), 광분할기(120), 기준용 광검출기(130), 측정용 광검출기(150), 측정표적(140), 주파수 측정부(220), 위상 측정부(230), 거리 산출부(300) 및 기준시계(210)를 포함하여 구성될 수 있다.

- [59] 프리러닝 펄토초 레이저 광원(110)은 거리측정을 위해서 사용되는 레이저 광원으로, 펄토초 수준의 펄스폭을 가지는 레이저 펄스를 생성하며 펄스가 생성되는 반복률을 제어하지 않은 레이저일 수 있다. 상기 프리러닝 펄토초 레이저 광원(110)은 1550nm의 중심 파장, 60nm의 대역폭, 150fs의 펄스폭을 가지는 광섬유 펄토초 레이저이거나 800nm의 중심 파장, 100nm의 대역폭, 100fs의 펄스폭을 가지는 티타늄:사파이어 펄토초 레이저일 수 있다.
- [60] 광분할기(120)는 레이저 광을 공간상으로 분할하는 장치로서 빔스플리터(beam splitter), 회절광학소자(diffraction optics), 빔 확산기(beam diffuser), 빔확장기(beam expander), 광섬유 커플러(fiber coupler) 등을 이용하여 구현될 수 있다.
- [61] 기준용 광검출기(130)는 기준지점에서 레이저 광의 일부를 검출하고, 검출된 신호를 유선 또는 무선통신 기술을 이용하여 위상 측정부(230)로 전송할 수 있다. 여기서 상기 검출된 신호는 전기적인 신호일 수 있다.
- [62] 측정용 광검출기(150)는 측정지점에서 레이저 광의 일부를 검출하고, 검출된 신호를 유선 또는 무선통신 기술을 이용하여 위상 측정부(230)로 전송할 수 있다. 여기서 상기 검출된 신호는 전기적인 신호일 수 있다.
- [63] 측정표적(140)은 거리측정을 위한 위치에 놓여지는 물체로서, 바람직하게는 레이저 광을 반사할 수 있는 거울 등이 선택될 수 있다.
- [64] 주파수 측정부(220)는 레이저 광으로부터 프리러닝 펄토초 레이저의 반복률을 측정하고, 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정할 수 있다. 상기 반복률과 상기 합성파의 차수의 곱은 실제로 거리측정을 위해서 사용되는 합성파의 주파수가 되고, 합성파의 주파수에 의해서 합성파의 파장도 계산될 수 있다.
- [65] 위상 측정부(230)는 검출된 기준광 및 측정광을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 저주파 통과 여파기에 통과시켜 각각 기준 합성파 및 측정 합성파를 추출하고, 상기 기준 합성파와 상기 측정 합성파의 위상차를 측정할 수 있다. 상기 고주파 신호는 상기 반복률과 상기 합성파의 차수의 곱에 근접한 것으로, 바람직하게는 상기 고주파 신호의 주파수와 상기 곱의 차이가 저주파 통과 여파기의 통과 대역의 범위보다 작은 것이 바람직하다.
- [66] 거리 산출부(300)는 측정된 상기 반복률, 상기 위상차 및 상기 합성파의 차수를 이용하여 상기 광분할기(120)와 상기 측정표적간의 거리정보를 산출할 수 있다.
- [67] 기준시계(210)는 주파수 측정부(220)와 위상 측정부(230)에 클럭을 제공하기 위해서 사용되는 원자시계로서, 10MHz의 진동수를 가지며, 거리측정의 정확도 및 장기 안정도를 높이기 위해 사용될 수 있다. 상기 프리러닝 펄토초 레이저 광원(110)의 경우, 공진기를 이용하여 원자시계에 안정화시키지는 않으므로, 기준시계가 구비되지 않더라도 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄토초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치는 동작할 수 있다.
- [68] 상기 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄토초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치의 동작은 다음과 같다.

- [69] 먼저 프리러닝 펄스 레이저 광원(110)에서 레이저 광을 방사하고, 상기 프리러닝 펄스 레이저 광원(110)으로부터 방사되는 레이저 광은 광분할기(120)에 의해 기준광 및 측정표적으로부터 반사되는 측정광(즉, 측정표적을 향하고 이로부터 반사되는 측정광)으로 분리된다. 다음으로 기준용 광검출기(130)에 기준광이 입사되고, 측정용 광검출기(150)에 측정광이 입사된 후에, 상기 검출기들에서 검출된 신호들은 위상 측정부(230)에 입력될 수 있다.
- [70] 그 다음으로 위상 측정부(230)는 입력된 상기 검출된 신호들로부터 합성된 기준광(즉, 기준 합성파)과 합성된 측정광(즉, 측정 합성파) 간의 위상차를 측정하고, 주파수 측정부(220)는 실시간으로 프리러닝 펄스 레이저의 반복률을 측정하면서 추출하고자 하는 합성파의 차수 n 을 결정한다. 그 후, 위상 측정부(230)는 상기 위상차를 거리 산출부(300)에 입력하고, 주파수 측정부(220)는 상기 반복률 및 상기 합성파의 차수를 거리 산출부(300)에 입력할 수 있다. 여기서, 합성파의 차수 n 은 최대 측정 거리의 한계와 측정 정밀도를 고려하여 결정될 수 있으며, 측정 정밀도는 n 차 합성파 파장의 길이와 위상 측정부(230)의 분해능에 의해 결정된다. 일반적으로 상용 위상 측정기를 통해 얻을 수 있는 위상 측정 분해능은 $0.01^\circ (=1/36000)$ 수준이다. 이를 고려하여, 펄스 반복률 f_r 이 100MHz 인 경우, 10 μ m 수준의 측정 정밀도를 얻기 위해서는 4차 이상의 합성파가 필요하였다.

- [71] 최종적으로 거리 산출부(300)는 상기 반복률, 상기 위상차 및 상기 합성파의 차수로부터 광분할기(120)와 측정표적간의 거리정보를 산출할 수 있다.

- [72] 이 때, 거리 산출부(300)가 거리정보를 산출함에 있어서 다음과 같은 수학적 식이 사용될 수 있다.

$$D = \frac{\Lambda_n}{2} \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right)$$

- [73] 여기서, D 는 기준용 광검출기(130)와 측정용 광검출기(150)의 광경로 차로 결정되는 거리정보이며, Λ_n 는 프리러닝 펄스 레이저의 n 차

$$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$$

합성파의 파장, m_n 은 $\frac{\Lambda_n}{2}$ 에 곱해졌을 때 거리정보의 값을 넘지 않는 가장

큰 값을 생성하는 정수값, $\Delta\phi_n$ 은 선택된 n 차 기준광의 합성파와 선택된 n

차 측정광의 합성파의 위상차, c 는 대기 중 빛의 속도(= 진공 중의 빛의

속도/대기의 굴절률), f_r 은 프리러닝 펄스 레이저의 반복률이다. 여기서,

상기 위상차는 측정광이 기준광보다 광분할기(120)와 측정표적간의 거리를 왕복하여 더 진행하였기 때문에 발생한 것일 수 있다.

[74] 거리 산출부(300)에 제공되지 않은 m_n 을 결정하는 방법에 대해서 이하에서

자세히 설명하고자 한다.

[75] 합성파의 파장보다 긴 거리를 측정하는 경우에는 측정되는 위상이 2π 마다 반복되어 나타나기 때문에, 합성파 파장의 정수배에 해당하는 길이를 결정해야 한다. 즉, 측정하고자 하는 거리에 가장 근접하기 위해서는 몇 개의 합성파의 파장이 필요한지를 판단하고, 이를 나타내는 값을 m_n 으로 결정해야 한다.

상기 m_n 값의 결정은 레이저의 반복률을 다르게 하여 두 번 측정함으로써

결정할 수 있다.

[76] m_n 값을 결정하기 위해서, 초기 합성파의 파장($\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$)을

이용하여 거리 $D = \frac{\Lambda_n}{2} (m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi})$ 을 측정하고, 다음으로 펄스초

레이저의 반복률을 변경하여 파장이 다른 합성파의 파장($\Lambda'_n = \frac{c}{n \cdot (f_r + \Delta f_r)}$)으로 다시 한 번 거리

$D = \frac{\Lambda'_n}{2} (m_n + \frac{\Delta\phi'_n}{2\pi})$

를 측정한 후에, $D = \frac{\Lambda_n}{2} (m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi})$ 과 $D = \frac{\Lambda'_n}{2} (m_n + \frac{\Delta\phi'_n}{2\pi})$ 을

연립하여 거리 D 와 m_n 을 결정할 수 있다.

[77] 덧붙이면, 서로 다른 파장의 합성파를 이용하여 두 번 측정을 수행하였을 때, 거리 값이 하나로 결정될 수 있는 최대 측정 거리의 한계는 $\frac{c}{2\Delta f_r}$ 로 나타날

수 있다. 즉, 반복률의 변화량 Δf_r 이 100kHz일 때 1.5km, 10kHz일 때 15km,

1kHz일 때 150km 이내에서 유일한 값으로 거리 결정이 가능하다. 거리 측정값을

하나로 결정할 수 있는 최대 측정 거리는 측정 정밀도와 상보적 관계에 있으며, 실제 실험에서는 측정 정밀도가 42 μ m일 때 1.35km 이내에서 유일한 값으로 거리를 결정하였다. 낮은 차수의 합성파를 사용할 경우 모호성 없이 측정할 수 있는 거리가 길어지며 높은 차수의 합성파를 사용할수록 고분해능으로 거리 측정이 가능하다. 낮은 차수와 높은 차수의 합성파를 동시에 사용하면 보다 긴 거리를 고분해능으로 측정할 수 있다.

[78] m_n 값의 결정은 초기에 한 번만 결정하면 충분하며, 상기와 같은 두 식을

연립하는 방법뿐만 아니라, 분해능은 낮지만 긴 거리를 측정할 수 있는 다른 보조 측정 수단을 사용하여 m_n 값을 결정할 수도 있다. 여기서, 보조 측정

수단은 줄자와 같은 종래의 거리 측정 도구일 수도 있다. 상기 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄토초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치에서, 1차 합성파의 파장이 3m($f_r=100\text{MHz}$)일 때, 최대 1.5m

사용될 수 있는 보조 측정 수단은 1.5m의 오차 이하의 측정값을 생성할 수 있어야 하는데, 일반적으로 사용되는 줄자로 충분할 수 있다.

[79] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄토초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치에서 거울이 생략된 경우의 블록도이다. 도 1과 도 2를 비교하면 측정표적에 위치했던 거울이 생략되고 측정용 광검출기(150)로 대체된 것을 알 수 있다. 도 2에 나타난 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄토초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치에서 거울이 생략된 경우의 동작은 다음과 같다.

[80] 먼저 프리러닝 펄토초 레이저 광원(110)에서 레이저 광을 방사하고, 상기 프리러닝 펄토초 레이저 광원(110)으로부터 방사되는 레이저 광은 광분할기(120)에 의해 기준용 광검출기(130)에 입사되는 기준광 및 측정용 광검출기(150)에 입사되는 측정광으로 분리된다. 기준용 광검출기(130)에 기준광이 입사되고, 측정용 광검출기(150)에 측정광이 입사된 후, 상기 광검출기들에 의해 검출된 신호들은 위상 측정부(230)에 입력된다.

[81] 그 다음으로 위상 측정부(230)는 검출된 기준광 및 측정광을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 혼합된 기준광 및 혼합된 측정광을 각각 저주파 통과 여과기에 통과시켜 기준 합성파 및 측정 합성파를 추출한다. 그리고 위상 측정부(230)는 합성된 기준광(즉, 기준 합성파)과 합성된 측정광(즉, 측정 합성파)의 위상차를 측정하고, 주파수 측정부(220)는 실시간으로 프리러닝 펄토초 레이저의 반복률을 측정하면서 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정한다. 그 후, 위상 측정부(230)는 상기 위상차를 거리 산출부(300)에 입력하고, 주파수 측정부(220)는 상기 반복률 및 상기 합성파의 차수를 거리 산출부(300)에 입력한다. 최종적으로 거리 산출부(300)는 상기 반복률, 상기 위상차 및 상기

합성파의 차수로부터 광분할기(120)와 측정표적간의 거리정보를 산출할 수 있다.

- [82] 이 때, 거리 산출부(300)가 거리정보를 산출함에 있어서 다음과 같은 수학적 이 사용될 수 있다.

$$D = \Lambda_n \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right)$$

- [83] 여기서, D 는 기준용 광검출기(130)와 측정용 광검출기(150)의 광경로 차로 결정되는 거리정보이며, Λ_n 는 프리러닝 펄스 레이저의 n 차

$$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$$

합성파의 파장, m_n 은 Λ_n 에 곱해졌을 때 거리정보의 값을 넘지 않는 가장 큰

값을 생성하는 정수값, $\Delta\phi_n$ 은 선택된 n 차 기준광의 합성파와 선택된 n 차

측정광의 합성파의 위상차, c 는 대기 중 빛의 속도(= 진공 중의 빛의

속도/대기의 굴절률), f_r 은 프리러닝 펄스 레이저의 반복률이다. 도 2에

나타난 거울이 생략된 실시예와 도 1에 나타난 실시예를 비교할 때, 거리정보를 산출하는 수학적식에서 차이가 있는데, 그 이유는 도 2에 나타난 거울이 생략된 실시예에서는 기준광보다 측정광이 더 진행한 거리가 광분할기(120)와 측정표적 사이를 왕복한 것이 아니고, 단순히 1회 진행한 것이기 때문이다.

- [84] 거리정보를 산출함에 있어서 사용되는 수학적식인
- $$D = \Lambda_n \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right)$$

점 외에는, 도 2가 나타내는 실시예에서 합성파의 차수 및 m_n 의 결정, 그리고

거리측정 장치의 전체적인 동작은 앞서 도 1을 참조하여 설명한 것에 대응되므로 자세한 설명은 생략한다.

- [85] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치에서 광커플러(160)가 추가된 경우의 블록도이다. 도 1과 도 3을 비교하면 프리러닝 펄스 레이저 광원(110)과 상기 광분할기(120) 사이에 광커플러(160)가 배치된 것을 알 수 있다.

- [86] 상기 광커플러(160)의 배치는 기준광과 측정광이 서로 섞이지 않도록 하여 기준광과 측정광이 섞여 발생하는 오차를 방지하기 위한 것이다. 도 3에 따른 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치에서 광커플러(160)가 추가된 경우에, 거리정보를

산출함에 있어서 사용되는 수학적식, 합성파의 차수 및 m_n 의 결정, 그리고

거리측정 장치의 전체적인 동작은 앞서 도 1을 참조하여 설명한 실시예와 동일하므로 자세한 설명은 생략한다.

[87] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치를 이용하여 여러 지점에서 거리를 측정하는 경우에 대한 개요도이다. 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성과 결정을 이용한 거리측정 장치는, 종래의 기술과 달리 측정거리에 따라 펄스 레이저를 안정화할 필요가 없으므로, 한 대의 레이저만을 가지고 여러 지점의 거리를 동시에 측정할 수 있는 기능을 제공할 수 있다.

[88] 다만, 측정표적의 수만큼 측정용 광검출기와 위상 측정수단이 필요하여, 다채널 광분할기(121), 다채널 측정용 광검출기(151), 다채널 위상 측정부(231) 및 다채널 거리 산출부(301)가 사용될 수 있다.

[89] 도 4에 나타난 거리측정 장치의 동작원리는 도 2에 나타난 거리측정 장치의 동작원리와 동일하므로, 여기서는 도 2에 나타난 거리측정 장치에 대한 상기 설명을 복수의 측정표적에 대한 것으로 확장하는 것으로 충분할 수 있다. 즉, 다채널 광분할기(121)와 i 번째 측정표적의 거리정보(D_i), 다채널 위상

측정부(231)에서 i 번째 측정표적의 거리와 관련된 기준광의 합성파와

측정광의 합성파의 위상차($\Delta\phi_{n,i}$) 등의 예와 같이, i 번째 측정표적에 관련된

변수임을 나타내기 위한 아래첨자가 추가될 수 있다.

[90] 거리정보를 산출함에 있어서 다음과 같은 수학적식 $D_i = \Lambda_n \left(m_{n,i} + \frac{\Delta\phi_{n,i}}{2\pi} \right)$ 가

사용될 수 있다.

[91] 여기서, D_i 는 기준용 광검출기(130)와 i 번째 측정표적에 위치한 측정용 광검출기(150)의 광경로 차이로 결정되는 i 번째 측정표적의 거리정보이며,

$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$ 는 프리러닝 펄스 레이저의 n 차 합성파의 파장, $m_{n,i}$ 는

Λ_n 에 곱해졌을 때 i 번째 측정표적의 거리정보의 값을 넘지 않는 가장 큰

값을 생성하는 정수값, $\Delta\phi_{n,i}$ 는 n 차 합성파로 i 번째 측정표적의 거리를

c 는 대기 중 빛의 속도(= 진공 중의 빛의 속도/대기의 굴절률), f_r 은 프리러닝

펄스 레이저의 반복률이다.

- [92] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

청구범위

- [청구항 1] 레이저 광을 방사하는 프리러닝 펄스 레이저 광원;
 상기 레이저 광이 입사되며, 상기 레이저 광을 기준광과
 측정표적으로부터 반사되는 측정광으로 분리하는 광분할기;
 상기 기준광을 검출하는 기준용 광검출기;
 상기 측정광을 검출하는 측정용 광검출기;
 상기 레이저 광의 반복률을 측정하고, 추출하고자 하는 합성파의 차수를
 결정하여, 상기 반복률과 상기 차수를 출력하는 주파수 측정부;
 검출된 기준광 및 측정광을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 혼합된 기준광
 및 혼합된 측정광을 각각 저주파 통과 여과기에 통과시켜 추출된 기준
 합성파와 측정 합성파의 위상차를 측정하는 위상 측정부; 및
 상기 반복률, 상기 위상차 및 상기 합성파의 차수를 이용하여 상기
 광분할기와 상기 측정표적 간의 거리정보를 산출하는 거리 산출부;를
 포함하고,
 상기 고주파 신호는 상기 반복률과 상기 합성파의 차수에 근거하여
 결정되는 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간
 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.

- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 거리정보는 수학적식

$$D = \frac{\Lambda_n}{2} \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right)$$

에 의해 산출되는

것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파
 결정을 이용한 거리측정 장치.

여기서, D : 상기 거리정보,

$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$: 프리러닝 펄스 레이저의 n 차 합성파의 파장,

c : 대기 중 빛의 속도,

f_r : 프리러닝 펄스 레이저의 반복률,

m_n : $\frac{\Lambda_n}{2}$ 에 곱해졌을 때, 거리정보의 값을 넘지 않는 가장 큰 값을
 생성하는 정수값,

$\Delta\phi_n$: 선택된 n 차 기준광의 합성파와 선택된 n 차 측정광의

- 합성파의 위상차임.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 측정표적은 거울인 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.
- [청구항 4] 레이저 광을 방사하는 프리러닝 펄스초 레이저 광원;
상기 레이저 광이 입사되며, 상기 레이저 광을 기준광과 측정표적에 입사되는 측정광으로 분리하는 광분할기;
상기 기준광을 검출하는 기준용 광검출기;
상기 측정광을 검출하는 측정용 광검출기;
상기 레이저 광의 반복률을 측정하고, 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정하여, 상기 반복률과 상기 차수를 출력하는 주파수 측정부;
검출된 기준광 및 측정광을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 혼합된 기준광 및 혼합된 측정광을 각각 저주파 통과 여파기에 통과시켜 추출된 기준 합성파와 측정 합성파의 위상차를 측정하는 위상 측정부; 및
상기 반복률, 상기 위상차 및 상기 합성파의 차수를 이용하여 상기 광분할기와 상기 측정표적 간의 거리정보를 산출하는 거리 산출부;를 포함하고,
상기 고주파 신호는 상기 반복률과 상기 합성파의 차수에 근거하여 결정되는 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서,
상기 거리정보는 수학적식

$$D = \Lambda_n \left(m_n + \frac{\Delta\phi_n}{2\pi} \right) \quad \text{에 의해 산출되는}$$

것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스초 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.

여기서,

D : 상기 거리정보,

$$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r} \quad \text{: 프리러닝 펄스초 레이저의 } n \text{ 차 합성파의 파장}$$

c : 대기 중 빛의 속도

f_r : 프리러닝 펄스초 레이저의 반복률,

m_n : Λ_n 에 곱해졌을 때, 거리정보의 값을 넘지 않는 가장 큰 값을

생성하는 정수값,

$\Delta\phi_n$: 선택된 n 차 기준광의 합성파와 선택된 n 차 측정광의

합성파의 위상차임.

[청구항 6]

레이저 광을 방사하는 프리러닝 펄스 레이저 광원;

상기 레이저 광이 입사되며, 상기 레이저 광을 기준광과 서로 다른

측정표적들에 입사되는 둘 이상의 측정광들로 분리하는 다채널광분할기;

상기 기준광을 검출하는 기준용 광검출기;

상기 측정광들과 일대일 대응이 되어, 상기 측정광을 각각 검출하는 둘 이상의 측정용 광검출기들로 구성된 다채널 측정용 광검출기;

상기 레이저 광의 반복률을 측정하고, 추출하고자 하는 합성파의 차수를 결정하여, 상기 반복률과 상기 차수를 출력하는 주파수 측정부;

검출된 기준광 및 측정광들을 고주파 신호와 각각 혼합하고, 혼합된

기준광 및 혼합된 측정광들을 저주파 통과 여파기에 통과시켜 추출된

기준 합성파들과 각각의 측정 합성파들의 위상차들을 측정하는

다채널위상 측정부; 및

상기 반복률, 상기 위상차들 및 상기 합성파의 차수를 이용하여, 상기

광분할기와 각각의 상기 위상차와 관련된 측정광이 입사한 상기

측정표적들 간의 각각의 거리정보들을 산출하는 거리 산출부;를

포함하고,

상기 고주파 신호는 상기 반복률과 상기 합성파의 차수에 근거하여

결정되는 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간

합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.

[청구항 7]

제 6 항에 있어서,

상기 거리정보들은 수학식

$$D_i = \Lambda_n \left(m_{n,i} + \frac{\Delta\phi_{n,i}}{2\pi} \right) \quad \text{에 의해}$$

산출되는 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간

합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.

여기서,

D_i : 상기 거리정보,

$2 \leq i \leq \text{측정표적의 수}$

Λ_n : 프리러닝 펄스 레이저의 n 차 합성파의 파장,

$$\Lambda_n = \frac{c}{n \cdot f_r}$$

c : 대기 중 빛의 속도,

f_r : 프리러닝 펄스 레이저의 반복률,

$m_{n,i}$: Λ_n 에 곱해졌을 때, i 번째 측정표적의 거리정보의 값을 넘지

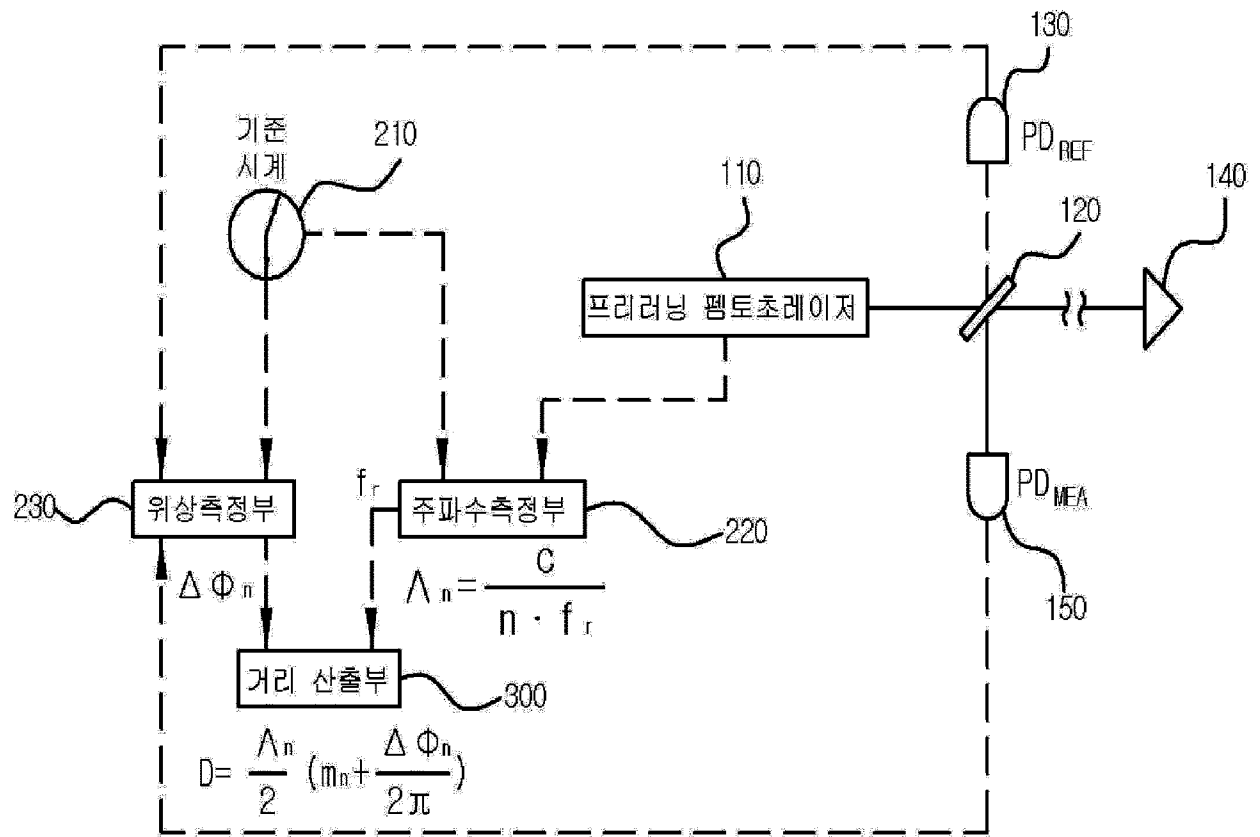
않는 가장 큰 값을 생성하는 정수값,

$\Delta\phi_{n,i}$: m 차 합성파로 i 번째 측정표적의 거리를 측정하였을 때,

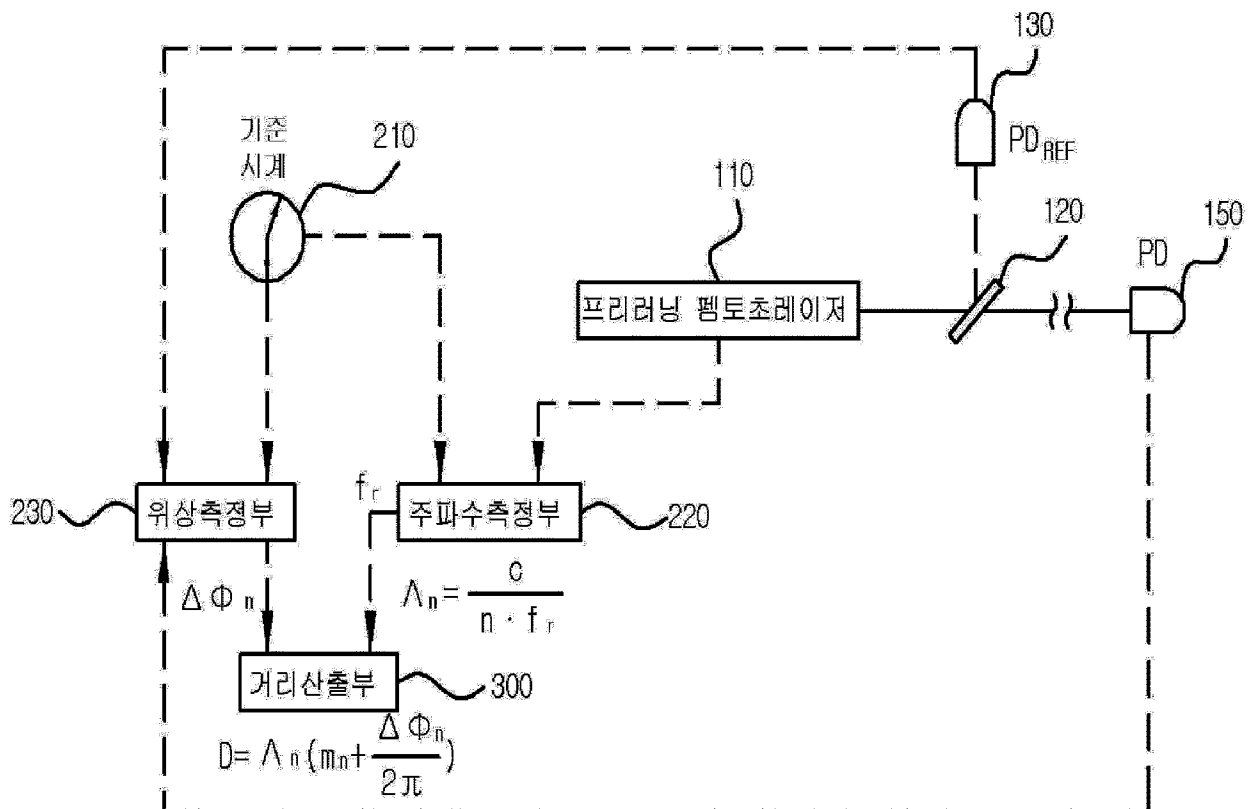
기준광의 합성파와 측정광의 합성파의 위상차임.

- [청구항 8] 제 1 항, 제 4항 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 프리러닝 펄스 레이저 광원은, 1550nm의 중심 파장, 50nm의 대역폭, 100fs의 펄스폭을 가지는 어븀 광섬유 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.
- [청구항 9] 제 1 항, 제 4항 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 프리러닝 펄스 레이저 광원은, 1030nm의 중심 파장, 50nm의 대역폭, 50fs의 펄스폭을 가지는 이터븀 광섬유 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.
- [청구항 10] 제 1 항, 제 4항 및 제6항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 프리러닝 펄스 레이저 광원은, 800nm의 중심 파장, 100nm의 대역폭, 10fs의 펄스폭을 가지는 티타늄:사파이어 펄스 레이저인 것을 특징으로 하는 프리러닝 펄스 레이저 기반의 실시간 합성파 결정을 이용한 거리측정 장치.

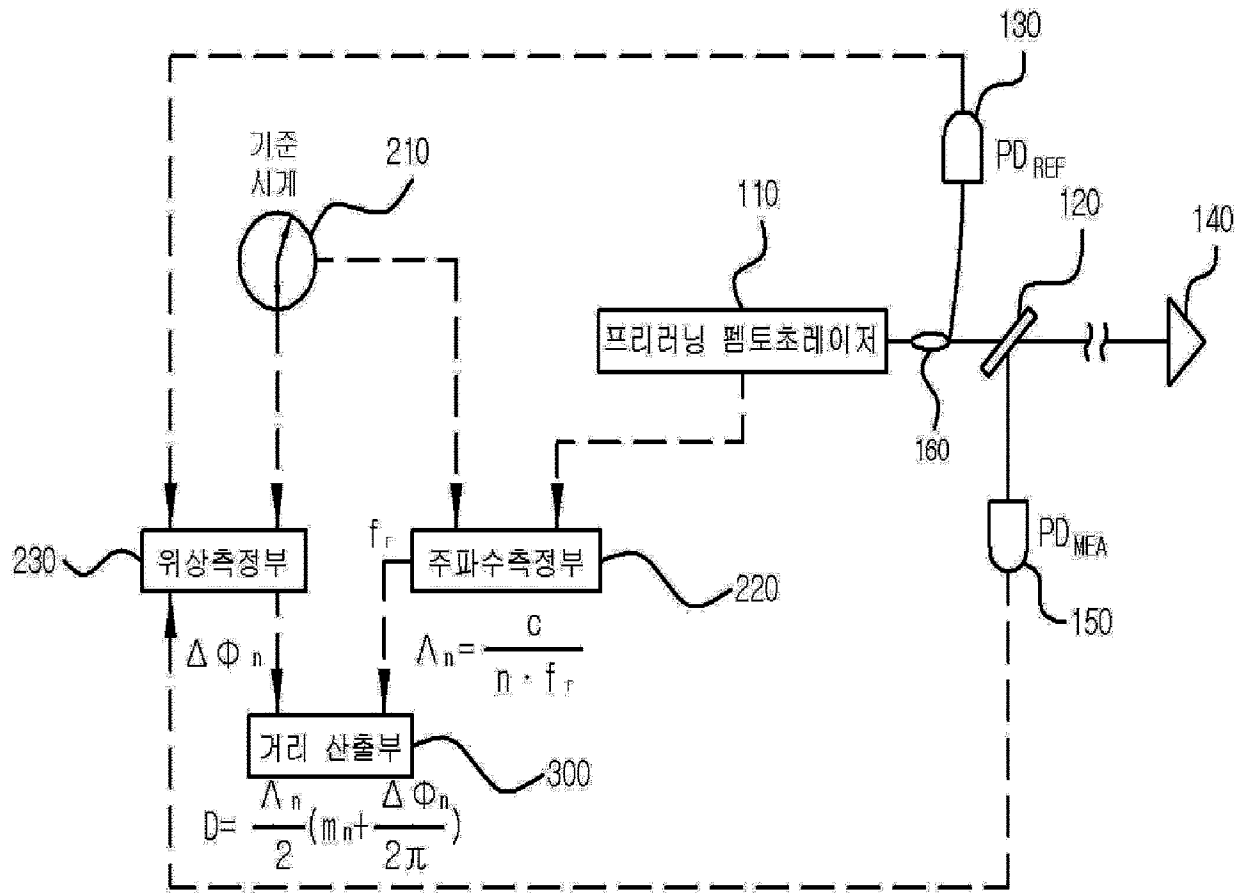
[도1]



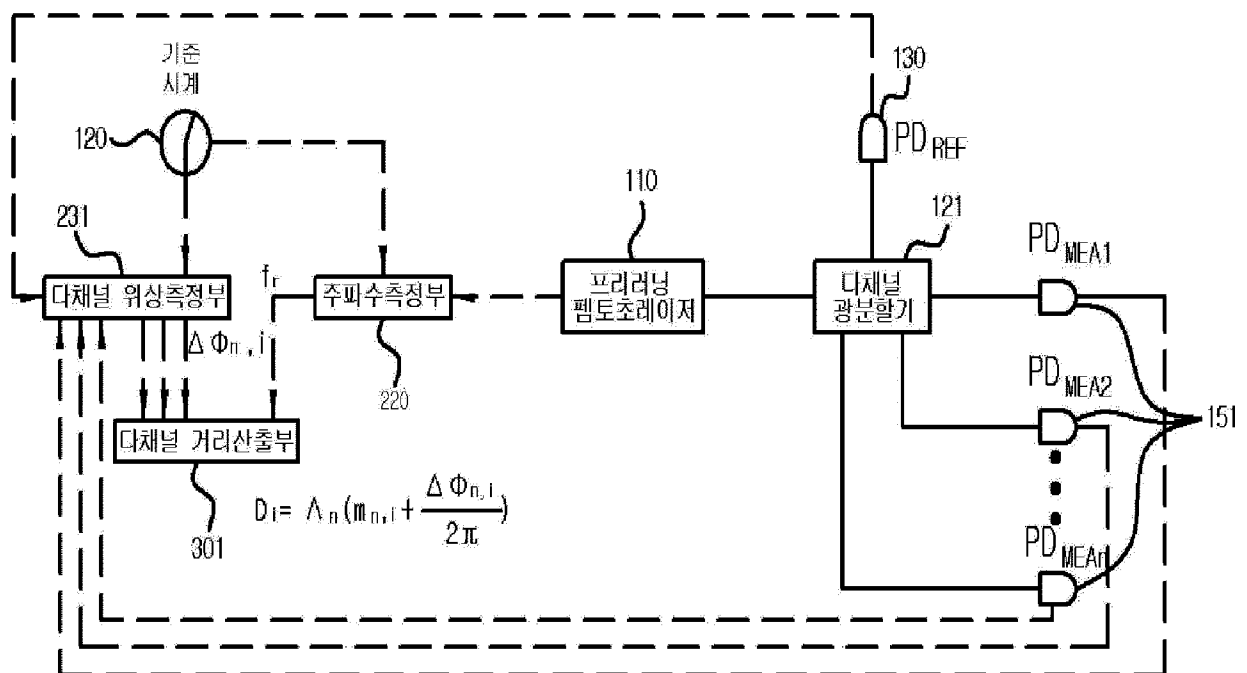
[도2]



[도3]



[도4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/005028**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01S 17/36(2006.01)i, G01S 7/491(2006.01)i, G01S 7/486(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S 17/36; G01S 17/46; G01S 5/14; G01B 11/02; G01S 17/89; G01B 11/14; G01C 3/06; G01B 9/02; G01S 17/10; G01S 7/491; G01S 7/486

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: femtosecond, laser, distance, measurement, light detection

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1448831 B1 (AGENCY FOR DEFENSE DEVELOPMENT) 16 October 2014 See claims 1-8 and figure 1.	1-10
Y	KR 10-2012-0109470 A (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) 08 October 2012 See abstract and paragraphs [0004], [0087].	1-10
A	JP 2010-203877 A (TOPCON CORP.) 16 September 2010 See abstract and figures 1-8.	1-10
A	KR 10-1109001 B1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 31 January 2012 See figures 1-3.	1-10
A	KR 10-0951618 B1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 09 April 2010 See figures 1-3.	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 AUGUST 2016 (18.08.2016)

Date of mailing of the international search report

19 AUGUST 2016 (19.08.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/005028

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1448831 B1	16/10/2014	NONE	
KR 10-2012-0109470 A	08/10/2012	EP 2508916 A1	10/10/2012
		EP 2508916 A4	01/05/2013
		EP 2533288 A2	12/12/2012
		EP 2533288 A3	01/05/2013
		JP 2011-112614 A	09/06/2011
		JP 5620087 B2	05/11/2014
		KR 10-2012-0099115 A	06/09/2012
		US 2012-0181650 A1	19/07/2012
		US 2012-0235272 A1	20/09/2012
		US 8598674 B2	03/12/2013
		US 8653619 B2	18/02/2014
		WO 2011-065279 A1	03/06/2011
JP 2010-203877 A	16/09/2010	NONE	
KR 10-1109001 B1	31/01/2012	US 2012-0086932 A1	12/04/2012
		US 8670108 B2	11/03/2014
KR 10-0951618 B1	09/04/2010	KR 10-2009-0089684 A	24/08/2009
		US 2009-0207418 A1	20/08/2009
		US 7898669 B2	01/03/2011

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01S 17/36(2006.01)i, G01S 7/491(2006.01)i, G01S 7/486(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01S 17/36; G01S 17/46; G01S 5/14; G01B 11/02; G01S 17/89; G01B 11/14; G01C 3/06; G01B 9/02; G01S 17/10; G01S 7/491; G01S 7/486

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 펌토초, 레이저, 거리, 측정, 광 검출

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-1448831 B1 (국방과학연구소) 2014.10.16 청구항 1-8 및 도면 1 참조.	1-10
Y	KR 10-2012-0109470 A (하마마츠 포토닉스 가부시기가이샤) 2012.10.08 요약 및 단락 [0004], [0087] 참조.	1-10
A	JP 2010-203877 A (TOPCON CORP.) 2010.09.16 요약 및 도면 1-8 참조.	1-10
A	KR 10-1109001 B1 (한국과학기술원) 2012.01.31 도면 1-3 참조.	1-10
A	KR 10-0951618 B1 (한국과학기술원) 2010.04.09 도면 1-3 참조.	1-10

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 08월 18일 (18.08.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 08월 19일 (19.08.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

 대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

강성철

전화번호 +82-42-481-8405



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1448831 B1	2014/10/16	없음	
KR 10-2012-0109470 A	2012/10/08	EP 2508916 A1	2012/10/10
		EP 2508916 A4	2013/05/01
		EP 2533288 A2	2012/12/12
		EP 2533288 A3	2013/05/01
		JP 2011-112614 A	2011/06/09
		JP 5620087 B2	2014/11/05
		KR 10-2012-0099115 A	2012/09/06
		US 2012-0181650 A1	2012/07/19
		US 2012-0235272 A1	2012/09/20
		US 8598674 B2	2013/12/03
		US 8653619 B2	2014/02/18
		WO 2011-065279 A1	2011/06/03
JP 2010-203877 A	2010/09/16	없음	
KR 10-1109001 B1	2012/01/31	US 2012-0086932 A1	2012/04/12
		US 8670108 B2	2014/03/11
KR 10-0951618 B1	2010/04/09	KR 10-2009-0089684 A	2009/08/24
		US 2009-0207418 A1	2009/08/20
		US 7898669 B2	2011/03/01