

명세서

발명의 명칭: 대역 투과필터를 포함하는 광센서 모듈 및 이를 포함하는 공정 모니터링 시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 광센서 모듈 및 이를 포함하는 공정 모니터링 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 플라즈마가 사용되는 반도체나 디스플레이 제조 공정, 특히 고 종횡비(high aspect ratio) 및 저 개방비율(low open ratio)을 가지는 공정에서 방출되는 플라즈마 광을 이용하여 상기 공정 상태를 모니터링하되, 배경 신호의 효과적인 제거가 가능하여 공정의 종료시점을 보다 정확하게 감지할 수 있는 광센서 모듈 및 이를 포함하는 공정 모니터링 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 반도체 또는 디스플레이의 제조 공정에서 플라즈마는 다양하게 사용되고 있으며, 이러한 플라즈마가 사용되는 공정에서는 플라즈마로부터 발생하는 방출광에 대한 센싱을 통해, 해당 공정의 상태에 대한 모니터링을 수행할 수 있다.
- [3] 나아가, 이러한 공정 상태에 대한 모니터링을 수행하기 위해 대역 투과 필터를 이용한 분광 방식의 센서가 다수 사용되고 있다.
- [4] 또한, 상기 대역 투과 필터(band-pass filter)를 이용한 분광 방식의 센서의 경우, 광 검출기의 대면적화와 고전압 인가를 통한 광전자 증폭을 통해, 신호 취득 노이즈 및 암전류 노이즈 대비 상대적으로 큰 세기의 신호를 획득할 수 있는 장점이 있다. 이에, 미국 등록특허 제8817267호 등과 같이 다양한 기술이 개발되고 있다.
- [5] 그러나, 이러한 대역 투과 필터 방식의 분광 센서는, 관찰하고자 하는 신호와 동일한 파장 대역에 존재하는 신호를 구분하기 어려운 문제가 있다.
- [6] 이에, 대한민국 특허출원 제10-2022-0041282호에서와 같이, 입사되는 신호에 대하여, 배경신호를 제거하여 순수하게 모니터링 대상이 되는 방출 신호만 획득하는 기술이 개발되고 있다. 특히, 대한민국 특허출원 제10-2022-0041282호를 통해서는, 배경신호와 노이즈 파장변화에 대한 세기 변화폭이 상대적으로 작은 경우, 선형 근사를 통해 상기 순수한 방출 신호를 획득하는 기술을 개시하고 있다.
- [7] 그러나, 이러한 선형 근사를 통한 배경 신호의 제거를 위해서는, 방출 광신호 대역과 이에 인접한 배경 신호 대역만을 선택적으로 투과시키기 위한 초협대역 투과 필터가 요구되는데, 선정된 특정 파장 대역에 대하여, 상기 초협대역 투과 필터를 정확하게 제조하는 것은 제조 난이도가 상대적으로 매우 높은 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 이에, 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로 본 발명의 목적은, 플라즈마가 사용되는 반도체나 디스플레이 제조 공정, 특히 고 종횡비(high

aspect ratio) 및 저 개방비율(low open ratio)을 가지는 공정에서 방출되는 플라스마 광을 이용하여 상기 공정 상태를 모니터링하되, 공정의 종료시점을 보다 정확하게 감지할 수 있는 대역 투과필터를 포함하는 광센서 모듈을 제공하는 것이다.

- [9] 또한, 본 발명의 다른 목적은 경사지도록 배치된 대역 투과필터를 포함하여, 모니터링 대상의 광신호 파장 및 배경 신호 파장의 대역 투과용 필터를 별도로 제작하지 않으면서도, 상기 대역 투과필터의 경사각 조절을 통해 배경 신호의 효과적인 제거가 가능한 대역 투과필터를 포함하는 광센서 모듈을 제공하는 것이다.

- [10] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은 상기 광센서 모듈을 포함하는 공정 모니터링 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [11] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 의한 광센서 모듈은 광 검출부, 투과 필터부 및 필터 홀더부를 포함한다. 상기 광 검출부는 서로 이격되도록 배치되는 적어도 2개 이상의 광 검출기들을 포함한다. 상기 투과 필터부는 상기 광 검출부의 상부에 배치되며, 적어도 2개 이상의 투과필터들을 포함한다. 상기 필터 홀더부는 상기 광 검출부의 상부에 위치하며, 상기 투과 필터부가 실장된다. 이 경우, 상기 투과필터들 각각은, 상기 광 검출기들 각각의 상부에 서로 이격되도록 배치되고, 입사되는 광에 대하여 서로 다른 경사각으로 배치된다.
- [12] 일 실시예에서, 상기 필터 홀더부의 상면은 상기 투과필터들 각각이 실장되도록 서로 다른 경사각으로 연장될 수 있다.
- [13] 일 실시예에서, 상기 투과필터들 각각은, 상기 투과필터의 법선이 상기 입사되는 광에 대하여 예각을 형성할 수 있다.
- [14] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 의한 광센서 모듈은 모듈 수납부, 스플릿터부, 광 검출부 및 투과 필터부를 포함한다. 상기 모듈 수납부는 내부에 소정의 수납 공간을 형성하고, 제1 측면에 광이 입사되는 입사부가 형성된다. 상기 스플릿터부는 상기 수납 공간상에 배치되며, 상기 입사되는 광을 분파하는 적어도 하나 이상의 스플릿터를 포함한다. 상기 광 검출부는 상기 제1 측면에 마주하는 제2 측면, 및 상기 제1 측면에 인접하는 제3 측면에 각각 배치되는 광 검출기들을 포함한다. 상기 투과 필터부는 상기 스플릿터와 상기 광 검출기의 사이에 배치되고, 각각은 상기 광 검출기에 대하여 서로 다른 경사각을 가진다.
- [15] 일 실시예에서, 상기 스플릿터 각각은, 상기 입사되는 광을 향하여 배치되는 입사면, 상기 제3 측면을 향하여 배치되는 제1 면, 및 상기 제2 측면을 향하여 배치되는 제2 면을 포함할 수 있다.
- [16] 일 실시예에서, 상기 투과 필터부는, 상기 제3 측면에 평행하게 연장되며 배치되는 제1 투과필터, 및 상기 제2 측면에 대하여 소정 각도로 경사지도록 배치되는 제2 투과필터를 포함할 수 있다.
- [17] 일 실시예에서, 상기 스플릿터부는, 상기 광의 입사 방향을 따라 복수개로 배열되는 복수의 스플릿터들을 포함할 수 있다.

- [18] 일 실시예에서, 상기 투과 필터부는, 상기 제3 측면에 대하여, 경사지도록 배치되는 복수의 제1 투과필터들, 및 상기 제2 측면에 대하여 평행하게 연장되며 배치되는 제2 투과필터를 포함할 수 있다.
- [19] 일 실시예에서, 상기 제1 투과필터들 각각이 상기 제3 측면에 대하여 배치되는 경사각은 서로 다르며, 상기 제1 투과필터들 각각이 상기 제3 측면에 대하여 형성하는 경사각은 예각일 수 있다.
- [20] 일 실시예에서, 상기 광 검출부는, 상기 스플릿터들의 개수와 동일한 개수로 상기 제3 측면 상에 서로 이격되도록 배치되는 복수의 제1 광 검출기들, 및 상기 스플릿터들의 개수와 무관하게 상기 제2 측면 상에 배치되는 하나의 제2 광 검출기를 포함할 수 있다.
- [21] 상기한 본 발명의 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 의한 공정 모니터링 시스템은 상기 광센서 모듈을 포함하며, 서로 다른 경사각을 가지는 투과필터들 중, 제1 경사각을 가지는 투과필터는 방출 광신호 대역의 방출 광신호를 투과시키고, 제2 경사각을 가지는 투과필터는 배경신호 대역의 배경신호를 투과시키며, 상기 방출 광신호 및 상기 배경신호를 바탕으로, 상기 배경신호가 제거된 순수 방출 광신호를 연산하는 신호 처리부를 포함한다.
- [22] 일 실시예에서, 상기 방출 광신호 대역 및 상기 배경신호 대역에 따라, 상기 제1 경사각 및 상기 제2 경사각은 서로 가변되도록 설정될 수 있다.
- [23] 상기한 본 발명의 또 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 의한 광센서 모듈은 모듈 수납부, 스플릿터부, 투과 필터부 및 광 검출부를 포함한다. 상기 모듈 수납부는 내부에 소정의 수납 공간을 형성하고, 제1 측면에 광이 입사되는 입사부가 형성된다. 상기 스플릿터부는 상기 수납 공간상에 배치되며, 상기 입사되는 광을 분파하는 적어도 하나 이상의 스플릿터를 포함한다. 상기 투과 필터부는 상기 광의 입사 방향에 수직인 방향으로 적어도 2개 이상이 배열되고, 각각은 기 설정된 서로 다른 대역(band)의 신호를 투과시키는 투과필터들을 포함한다. 상기 광 검출부는 상기 투과필터들 각각과 정렬되도록 적어도 2개 이상이 배열되어, 상기 투과필터를 통과한 광을 검출한다.
- [24] 일 실시예에서, 상기 투과필터들 각각은 소정 간격으로 서로 이격되며, 상기 투과필터들 각각의 투과 반치폭(full width at half maximum, FWHM)은 10 nm 이하이며, 상기 투과필터들 각각의 크기는 상기 광 검출기들 각각의 크기보다 클 수 있다.
- [25] 일 실시예에서, 상기 스플릿터부는, 상기 입사되는 광을 제공받는 제1 스플릿터, 및 상기 제1 스플릿터로부터 분광된 광을 각각 제공받는 적어도 하나 이상의 추가 스플릿터를 포함할 수 있다.
- [26] 일 실시예에서, 상기 제1 스플릿터는 상기 입사되는 광과 정렬되도록 상기 모듈 수납부의 일 측에 배치되며, 상기 추가 스플릿터는 상기 제1 스플릿터로부터 소정 거리 이격되며 상기 투과필터들의 배열 방향을 따라 배열될 수 있다.

- [27] 일 실시예에서, 상기 제1 스플릿터로부터 상기 추가 스플릿터로 광이 분광되어 제공됨에 따라, 상기 투과필터들 각각으로 입사되는 광의 광량이 가변될 수 있다.
- [28] 일 실시예에서, 상기 제1 스플릿터는 상기 입사되는 광과 정렬되도록 상기 모듈 수납부의 중앙에 배치되며, 상기 추가 스플릿터는 상기 제1 스플릿터와 상기 광의 입사 방향을 따라 서로 이격되도록 배열되며, 상기 광의 입사 방향에 수직인 방향으로 적어도 2개 이상이 배열될 수 있다.
- [29] 일 실시예에서, 상기 추가 스플릿터는 상기 투과필터들 각각과 서로 정렬되도록 배열되고, 상기 추가 스플릿터로부터 상기 투과필터들 각각으로 입사되는 광의 광량은 일정하게 유지될 수 있다.
- [30] 상기한 본 발명의 또 다른 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 의한 공정 모니터링 시스템은 서로 다른 대역의 신호를 투과시키는 투과필터들 각각은, 방출 광신호 대역의 방출 광신호와 배경신호 대역의 배경신호를 투과시키며, 상기 방출 광신호 및 상기 배경신호를 바탕으로, 상기 배경신호가 제거된 순수 방출 광신호를 연산하는 신호 처리부를 포함한다.

발명의 효과

- [31] 종래 방출 광신호에서 배경 신호를 제외한 순수 방출 광신호만 추출하기 위해서는, 방출 광신호 대역과 배경 신호 대역의 신호를 각각 검출하는 것이 필요한데, 이를 위한 종래의 초협대역 투과 필터의 제작은 제작 공정 상의 한계가 있었다.
- [32] 이에, 본 발명의 실시예들에서와 같이, 서로 인접하도록 배치되는 투과필터들이 입사되는 광에 대하여 형성하는 각을 서로 다르게, 즉 투과 필터들의 법선이 입사광과 형성하는 각을 서로 다르게 형성함으로써, 하나의 입사광을 통해 다양한 대역의 광신호를 검출할 수 있으며, 이를 통해 배경 신호 대역의 신호만을 제거하는 것으로, 순수 방출 광신호의 정확하고 용이한 검출이 가능하다.
- [33] 즉, 서로 다른 경사각을 가지도록 투과 필터들을 서로 이격하도록 형성하는 것으로, 초협대역 투과 필터의 제작을 생략하면서도 순수 방출 광신호에 대한 정확한 검출이 가능하여, 광센서 모듈의 제작 공정이 용이하며 광신호 검출을 위한 신호 처리도 용이하게 수행될 수 있다.
- [34] 이 경우, 상기 투과필터들은 일 방향으로 연속적으로 서로 이격되도록 배치될 수도 있으나, 이와 달리, 소정의 수납 공간 상에서 서로 위치를 달리하여 배치될 수도 있다.
- [35] 즉, 입사되는 광을 분파시켜 서로 수직인 2개의 면으로 제공하는 스플릿터부를 구비하여, 복수의 방향으로 광을 분파시켜 제공한 상태에서, 각각의 분파되는 광을 투과시키는 투과필터들을 입사되는 광에 대하여 서로 다른 경사각, 즉 법선의 각이 입사광과 서로 다르도록 형성함으로써, 하나의 광으로부터 서로 다른 주파수 대역의 신호들을 검출할 수 있다. 또한, 이렇게 검출되는 신호들로부터 배경

신호를 제거하여 순수 방출 광신호를 간단한 연산만으로 용이하게 검출할 수 있다.

- [36] 특히, 이상과 같이 분파를 통해 광을 서로 수직인 방향으로 분리하여 제공함으로써, 방출 광신호 대역의 광 신호를 투과시키는 투과필터와, 배경 신호 대역의 배경 신호를 투과시키는 투과필터의 사이에서의 신호 중첩이나 간섭을 최소화할 수 있어, 검출되는 광신호의 정확도가 보다 향상된다.
- [37] 또한, 상기 모듈 수납부의 일 측면을 따라서는, 서로 다른 각도를 형성하도록 복수의 투과필터들을 서로 이격되도록 배치할 수 있고, 이에 광을 제공하기 위한 스플릿터들도 서로 이격되도록 배치할 수 있으므로, 다양한 입사각 변화에 따라 다양한 투과 대역의 신호들을 검출할 수 있으므로, 배경 신호의 필터링을 보다 정확하게 구현할 수 있다.
- [38] 나아가, 방출 광신호의 대역이나 배경 신호의 대역을 고려하여, 상기 투과필터들이 형성하는 경사각을 다양하게 설정할 수 있으므로, 다양한 공정의 특성에 부합하여 방출 광신호를 최적으로 검출할 수 있어, 공정 모니터링의 효율성과 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [39] 또한, 플라즈마가 사용되는 반도체나 디스플레이 제조 공정, 특히 고 종횡비(high aspect ratio) 및 저 개방비율(low open ratio)을 가지는 공정에서 방출되는 플라즈마 광에 대하여도, 높은 신호 대비 잡음비(SNR)를 구현하여, 공정의 종료시점을 보다 정확하게 감지할 수 있다. 특히, 기 설정된 대역의 신호를 투과시키는 투과필터들과 이에 정렬되어 해당 광을 검출하는 광 검출기들을 정렬하여 광 신호를 검출함으로써, 종래 기술과 같이 대면적 광 검출기를 사용함에 따른 센서 크기의 증가를 최소화하면서도, 검출 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [40] 이 경우, 플라즈마 광의 특성에 따라 투과필터들과 광 검출기들의 교체 및 장착이 가능하여, 다양한 플라즈마 사용 환경에 따른 최적 대역의 검출시스템의 구현이 가능하다. 또한, 투과필터들 사이를 소정 간격 이격시키며, 투과필터의 크기를 광 검출기의 크기보다 크게 하여, 투과필터와 광 검출기 사이의 정렬 오차로 인한 신호 간섭을 최소화할 수 있다.
- [41] 또한, 투과필터들의 전단에 광을 분광하는 스플릿터부가 위치함으로써, 특히 다수의 신호들을 모니터링함에 따라 야기되는 공간 분해능 저하의 문제를 해결할 수 있다.
- [42] 즉, 상기 스플릿터부를 통해 플라즈마 광원에서 발생된 광을 각 투과필터들로 입사되는 광으로 분광하여 상기 공간 분해능 저하의 문제를 해결할 수 있으며, 이 경우, 광의 분광으로 인한 신호 감소가 야기될 수는 있으나, 이는 상기 투과필터들을 대면적으로 적용하며 각각이 특정 대역의 신호를 투과시키는 것으로 해결할 수 있다.
- [43] 또한, 상기 스플릿터부가 포함하는 스플릿터들을 다양하게 배열함으로써, 개별 파장 대역의 신호에 대하여 신호 대비 잡음비(SNR)를 다양하게 제어할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [44] 도 1a는 광센서 모듈에서, 파장에 따른 방출 신호의 세기와 필터 투과율을 나타낸 그래프이고, 도 1b는 도 1a의 투과 광신호와 투과 배경신호를 검출하는 상태를 나타낸 그래프이다.
- [45] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 사시도이고, 도 2b는 도 2a의 광센서 모듈의 측면도이다.
- [46] 도 3은 도 2a의 광센서 모듈에서, 광 신호의 필터 입사각에 따른 파장 변화를 도시한 그래프이다.
- [47] 도 4a는 본 발명의 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 사시도이고, 도 4b는 도 4a의 광센서 모듈의 평면도이다.
- [48] 도 5는 도 4a의 광센서 모듈을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서, 광 신호의 필터 입사각에 따른 파장 변화를 이용하여, 방출 신호의 세기와 필터 투과율의 정보를 획득하는 방법을 예시한 그래프이다.
- [49] 도 6은 도 4a의 광센서 모듈을 포함하는 공정 모니터링 시스템을 이용하여, 투과 광신호와 투과 배경신호를 검출하는 방법을 예시한 그래프이다.
- [50] 도 7a는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 사시도이고, 도 7b는 도 7a의 광센서 모듈의 평면도이다.
- [51] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 모식도이다.
- [52] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 모식도이다.
- [53] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 모식도이다.
- [54] 도 11a 및 도 11b는 종래의 회절기반 분광계를 이용한 식각 공정에서의 플라즈마 모니터링 결과를 예시한 그래프들이다.
- [55] 도 12는 본 실시예에 의한 공정 모니터링 장치에 적용되는 투과 필터부의 특성과 방출 광신호를 예시한 그래프이고, 도 13a 및 도 13b는 도 12의 투과 필터부가 적용된 본 실시예에 의한 공정 모니터링 장치를 이용한 식각 공정에서의 플라즈마 모니터링 결과를 예시한 그래프들이다.
- [56] <부호의 설명>
- [57] 10, 11, 12, 13, 100, 101 : 광센서 모듈
- [58] 1 : 광원 2 : 광
- [59] 4 : 입사광 5 : 분할광
- [60] 6 : 분석광 20 : 베이스 부
- [61] 30, 500, 501, 1400 : 광 검출부
- [62] 31, 32, 33, 510, 520, 530, 511, 521, 1401, 1402, 1403 : 광 검출기
- [63] 40 : 필터 홀더부 41, 42, 43 : 필터 홀더
- [64] 50, 400, 401, 1300 : 투과 필터부
- [65] 51, 52, 53, 410, 420, 430, 411, 421, 1301, 1302, 1303 : 투과 필터
- [66] 200, 201 : 모듈 수납부 211, 212 : 입사부

- [67] 250, 251, 252 : 윈도우부
- [68] 300, 301, 1500, 1510 : 스플릿터부
- [69] 310, 320, 1501, 1502, 1503, 1504, 1511, 1512, 1513 : 스플릿터
- [70] 600 : 신호처리부

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [71] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 실시예들을 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다.
- [72] 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [73] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "이루어진다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [74] 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. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [75] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [76] 다만, 본 발명의 실시예들에 대한 설명에 앞서, 광센서 모듈에서 투과 광신호와 투과 배경신호를 검출하는 예에 대하여 설명한다.
- [77] 도 1a는 광센서 모듈에서, 파장에 따른 방출 신호의 세기와 필터 투과율을 나타낸 그래프이고, 도 1b는 도 1a의 투과 광신호와 투과 배경신호를 검출하는 상태를 나타낸 그래프이다.
- [78] 이하에서 설명되는 광센서 모듈은 반도체나 디스플레이 제조 공정 중, 플라즈마를 사용하는 공정, 예를 들어 식각 공정에서, 발생하는 플라즈마 광신호를 바탕으로, 해당 공정의 상태를 모니터링한다. 즉, 상기 광센서 모듈을 통해 광신호

에 대한 모니터링을 수행함으로써, 해당 공정에서 사용되는 다양한 공정 정보, 예를 들어 공정의 종료 등에 대한 정보를 획득할 수 있다.

[79] 구체적으로, 상기 플라즈마 공정과 같은 공정에서 방출되는 방출 신호(OS)에 대하여 서로 다른 파장 대역의 신호를 투과하는 투과 필터들을 구비한 광센서 모듈을 이용하면, 최종적으로 검출이 필요한 순수 방출 광신호를 추출할 수 있다.

[80] 즉, 플라즈마 방출신호의 경우 파장에 대하여 불연속적이며, 분자 방출 신호(MES), 적외선 히터 신호(IR) 등의 배경 신호와, 암전류(DCN), 신호 취득 노이즈(ROn)는 파장에 대하여 연속적임을 활용하여 제거가 가능하다.

[81] 즉, 도 1a에서와 같이, 관찰하고자 하는 원자 방출 신호(OS1)만을 선택적으로 투과하는 대역 투과 필터(OF)와, 이와 인접하는 파장 대역만을 선택적으로 투과하는 대역 투과 필터(BF1, BF2)를 통해, 플라즈마 방출 신호+배경신호+노이즈(BS1)와, 배경신호+노이즈가 중첩된 신호(LBS2, RBS2)를 각각 취득할 수 있다.

[82] 이 때, 상기 배경신호와 노이즈의 파장변화($\Delta\lambda$)에 대한 세기 변화폭(ΔI)이 작은 경우, 선형 근사를 통해, 하기 식 (1)이 성립한다.

$$[83] \quad BS_1 = \frac{1}{2}(LBS_2 + RBS_2) \quad \text{식 (1)}$$

[84] 이 때, 상기 대역 투과 필터들(OF, BF1, BF2)을 통해 해당 대역이 투과된 신호들 사이의 연산을 통해, 관찰하고자 하는 플라즈마 방출 신호의 파장 대역 신호(OS1) 중, 배경 신호가 제거된 순수 방출 신호(OS2)만을 획득할 수 있다.

[85] 이러한 도 1a 및 도 1b의 대역 투과필터들을 이용한 순수 방출 신호의 획득에 대한 내용은 대한민국 특허출원 제10-2022-0041282호(2022.04.01.출원)를 통해 설명되고 있는 내용을 참조할 수 있다.

[86] 즉, 이상과 같이, 플라즈마 방출 신호(OS)에 포함되는 신호들 중, 배경 신호를 제외한 순수 방출 신호만을 획득하는 것은, 서로 다른 대역의 신호를 필터링하는 대역 투과 필터들과, 해당 신호들에 대한 연산을 통해 수행될 수 있다. 결국, 서로 다른 대역의 신호를 필터링할 수 있는 대역 투과 필터들을 정확하게 구현하는 것이 필요하다.

[87] 이에, 본 발명의 실시예들은, 이상과 같은 플라즈마 방출 신호로부터 최종적으로 순수 방출 신호만을 획득하기 위한 대역 투과필터들을 정확하게 구현한 광센서 모듈 및 이를 포함하는 공정 모니터링 시스템에 관한 것으로, 이하에서 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[88] 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 사시도이고, 도 2b는 도 2a의 광센서 모듈의 측면도이다.

[89] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(10)은 베이스 부(20), 광 검출부(30), 필터 홀더부(40) 및 투과 필터부(50)를 포함한다.

[90] 상기 베이스 부(20)는 도시된 바와 같이, 일 방향으로 연장되며 소정의 면적을 형성하는 플레이트 형상을 가지며, 상기 광 검출부(30)가 실장되는 베이스를 구성한다.

- [91] 상기 광 검출부(30)는 상기 베이스 부(20) 상에 형성되는 것으로, 광을 검출하는 복수의 광 검출기들(31, 32, 33)을 포함하며, 각각의 광 검출기들(31, 32, 33)은 동일한 형상과 구조를 가지면서 서로 소정 거리 이격되도록 배치된다.
- [92] 예를 들어, 도시된 바와 같이, 각각의 광 검출기들(31, 32, 33)은 소정의 면적을 가지는 직사각형 형상을 가질 수 있으며, 상기 면적보다는 작은 이격 거리로 서로 이격되도록 배치될 수 있다.
- [93] 이 때, 상기 광 검출기들(31, 32, 33) 각각의 면적은 물론, 이격 거리는 다양하게 가변 설계될 수 있다. 특히, 상기 면적은 후술되는 상기 투과 필터부(50)의 면적을 고려하여 설계될 수 있으며, 상기 이격 거리의 경우, 서로 다른 파장 대역의 신호를 수신함에 있어 간섭이나 중첩이 발생하지 않을 정도의 이격 거리이면 충분하다.
- [94] 상기 각각의 광 검출기들(31, 32, 33)은, 후술되는 상기 투과 필터부(50)의 각각의 투과 필터들을 투과하여 필터링된 신호를 검출하는 것으로, 이 때 각각의 광 검출기들을 통해 검출되는 신호는, 서로 다른 파장 대역을 가지는 신호에 해당된다.
- [95] 한편, 상기 광 검출기들은 도면을 통해서는 3개가 일렬로 배열된 것을 예시하였으나, 2개 또는 4개 이상의 광 검출기들이 일렬로 배열될 수 있다.
- [96] 이와 달리, 복수개가 매트릭스의 형상을 가지면서 배열될 수도 있으며, 이 때 매트릭스 배열에서의 행과 열의 개수는 2개 이상이면 충분하고 다양한 조합이 가능할 수 있다.
- [97] 이와 같이, 상기 광 검출기들의 개수 및 배열 형태가 가변됨에 따라, 상기 필터 홀더부(40) 및 상기 투과 필터부(50)의 개수 및 배열 형태도 가변되지만, 설명의 편의를 위해, 이하에서는 3개의 광 검출기들과 이에 대응되는 개수 및 배열 형태로 상기 필터 홀더부 및 상기 투과 필터부가 형성되는 것에 대하여 설명한다.
- [98] 상기 필터 홀더부(40)는 상기 광 검출부(30)의 상부에 배치되는 일체로 형성되는 구조체인 것으로, 전체적으로는 일 방향으로 길게 연장되는 사각 블록 형상을 가질 수 있다.
- [99] 즉, 상기 광 검출기들(31, 32, 33)은 서로 이격되도록 배치되지만, 상기 필터 홀더부(40)는 하나의 일체화된 구조로 형성될 수 있다.
- [100] 이 때, 상기 필터 홀더부(40)는 상면에 실장되는 상기 투과 필터부(50)를 고정하는 고정용 구조체인 것으로, 하면은 도시된 바와 같이 상기 베이스 부(20)의 연장 방향과 평행하게 연장되는 평면을 형성한다.
- [101] 상기 필터 홀더부(40)는 소정의 높이 또는 두께를 가지는 것으로, 상기 베이스 부(20)와 평행하게 연장되는 하면과 달리, 상면은 상기 투과 필터부(50)가 실장되는 면으로, 복수의 경사면을 형성한다.
- [102] 즉, 상기 필터 홀더부(40)의 상면은 상기 광 검출기들(31, 32, 33)의 개수와 동일한 개수의 구분되는 면들을 포함하며, 각각의 면들은 도시된 바와 같이, 서로 다른 각을 형성한다.

- [103] 이에, 상기 필터 홀더부(40)의 서로 다른 각을 형성하는 상면들 각각에는 상기 투과 필터부(50)의 투과필터들(51, 52, 53)이 각각 실장된다.
- [104] 상기 각각의 투과필터들(51, 52, 53)은 면적은 서로 동일하게 형성되는 플레이트 형상을 가지는 필터일 수 있으나, 각각이 배치되는 경사각은 서로 다르다.
- [105] 즉, 도시된 바와 같이 플라즈마 장치(PS)와 같이 공정이 수행되며 광을 방출하는 장치로부터 상기 광센서 모듈(10)을 향해 수직으로 광이 입사되는 경우, 상기 각각의 투과필터들(51, 52, 53)의 법선 방향은 상기 입사된 광과 서로 다른 각을 형성한다.
- [106] 예를 들어, 제1 투과필터(51)의 법선 방향은 상기 입사광과 제1 각(θ_1)을 형성할 수 있으며, 제2 투과필터(52)의 법선 방향은 상기 입사광과 제2 각(θ_2)을 형성할 수 있으며, 제3 투과필터(53)의 법선 방향은 상기 입사광과 제3 각(θ_3)을 형성할 수 있다.
- [107] 이상과 같은 상기 제1 내지 제3 각($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)은 결국 제1 내지 제3 투과필터들(51, 52, 53)로 입사되는 광의 입사각으로 정의될 수 있다.
- [108] 이 때, 상기 제1 내지 제3 각들 사이에서는 하기 식 (2)의 관계가 성립될 수 있다.
- [109] $90^\circ > \theta_1 > \theta_2 > \theta_3 \geq 0^\circ$ 식 (2)
- [110] 즉, 상기 제1 내지 제3 각들은 서로 다른 각을 형성하며, 제1 및 제2 각은 예각이고, 제3 각은 0도 이상의 예각일 수 있다. 이 때, 제3 각이 0도라면, 상기 제3 투과필터(53)는 상기 입사광에 대하여 수직으로 연장되는 평면 형상을 가지게 된다.
- [111] 이상과 같이, 상기 제1 내지 제3 투과 필터들(51, 52, 53)은 상기 입사되는 광에 대하여 서로 다른 각을 가지면서 상기 입사광에 대하여 서로 다른 대역의 신호에 대하여만 투과를 수행하게 된다.
- [112] 그리하여, 상기 제1 내지 제3 투과 필터들(51, 52, 53) 각각은 투과하여 입사되는 광은 제1 내지 제3 광 검출기들(31, 32, 33) 각각에서 광 신호로 검출된다.
- [113] 나아가, 후술되는 신호 처리부를 통해, 서로 다른 대역의 파장을 가지는 신호에 대하여 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한 소정의 연산을 통해 최종적으로 순수 방출 광신호를 획득할 수 있다.
- [114] 이에 대한 구체적인 내용은 후술되는 도면을 참조하여 설명한다.
- [115] 한편, 상기 제1 내지 제3 투과 필터들(51, 52, 53) 각각은, 예를 들어, 브래그 미러(bandpass filter based on Brag Reflector)로 구현될 수 있다. 즉, 상기 제1 내지 제3 투과 필터들(51, 52, 53) 각각은, 가시광선 대역에서 수 nm 수준 이하의 좁은 투과 반치폭(FWHM)을 가지는 초협대역 투과 필터로서, 공진층을 포함하는 브래그 미러로 구현되며, 이러한 구조는 굴절률이 다른 이중의 박막을 수십 nm 두께로 번갈아 적층함으로써 제작될 수 있다.
- [116] 도 3은 도 2a의 광센서 모듈에서, 광 신호의 필터 입사각에 따른 파장 변화를 도시한 그래프이다.

- [117] 도 2b의 상기 광센서 모듈(10)에 대하여 상기 투과 필터(51, 52, 53)의 경사각($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)이 가변됨에 따라 투과되는 파장도 가변되며, 이러한 투과 파장의 가변 상태가 도 3에 도시된다.
- [118] 즉, 상기 제1 내지 제3 투과 필터들(51, 52, 53) 각각은 앞서 설명한 바와 같이, 브래그 미러에 기반한 대역 투과 필터인 것으로, 하기 식 (3)과 같이 광의 필터 입사각에 대한 투과 중심 파장과의 관계가 정의된다.
- [119]
$$\lambda_{\theta} = \lambda_0 \left[1 - \frac{n_0}{n_*} \sin^2 \Theta \right]^{1/2} \text{ 식 (3)}$$
- [120] 이 때, λ_0 는 경사지도록 설치된 투과 필터의 투과 중심 파장, λ_0 는 수직으로 입사되는 광 신호에 대한 투과 중심 파장, n_0 는 공기의 굴절율, n_* 는 투과 필터의 굴절율, θ 는 투과 필터를 통과한 광신호의 입사각이다.
- [121] 결국, 경사지도록 설치된 투과 필터의 투과 중심 파장(λ_0)은 설계 파장 대비 단 파장 쪽으로 이동하게 됨을 확인할 수 있으며, 이는 도 3을 통해서도 확인된다.
- [122] 이러한 특성을 활용하면, 상기 제1 내지 제3 투과 필터들(51, 52, 53)이 배치되는 경사각을 다양하게 조절하여 설치함으로써, 투과가 필요한 대역의 광 신호만 투과할 수 있도록 투과 광신호의 파장을 설정할 수 있다.
- [123] 즉, 플라즈마 공정과 같은 플라즈마 발생 공정에서, 방출되는 방출 광에서 순수 방출 광 신호와 배경 신호의 대역을 바탕으로, 상기 제1 내지 제3 투과 필터들(51, 52, 53)이 형성하는 경사각을 설정하여 설치한다면, 앞선 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한 바와 같이, 검출되는 각 대역의 광 신호를 바탕으로, 최종적으로 상기 방출 광으로부터 순수 방출 광신호만 검출할 수 있다.
- [124] 도 4a는 본 발명의 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 사시도이고, 도 4b는 도 4a의 광센서 모듈의 평면도이다.
- [125] 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(100)은, 광 검출부 및 투과 필터부의 배열 상태, 및 스플릿터부를 더 포함하는 것과 같이 구조적으로는 도 2a 및 도 2b의 광센서 모듈(10)과는 차이가 있으나, 그 외 투과되는 신호의 대역을 고려하여 투과 필터들의 경사각을 가변시키고 이를 통해 최종적으로 순수 방출 광신호를 검출하는 구성은 실질적으로 동일하다. 이에, 상기 광센서 모듈(100)의 구조 및 배열 상태를 중심으로 설명한다.
- [126] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(100)은 모듈 수납부(200), 스플릿터부(300), 투과 필터부(400) 및 광 검출부(500)를 포함한다.
- [127] 상기 모듈 수납부(200)는 도시된 바와 같이, 사각 프레임 형상을 가지는 것으로, 제1 방향(X)으로 서로 마주하는 제1 및 제2 측면들(210, 220), 및 상기 제1 방향(X)에 수직인 제2 방향(Y)으로 서로 마주하는 제3 및 제4 측면들(230, 240)을 포함하며, 상기 제1 내지 제4 측면들(210, 220, 230, 240)에 의해 내부에 소정의 수납 공간(202)이 형성된다.

- [128] 이 때, 상기 모듈 수납부(200)는 상부가 개방되는 구조로 도시하였으나, 이는 내부의 구조를 설명하기 위한 것이며, 실질적으로는 상부도 밀폐되어 내부는 모두 밀폐되는 구조일 수 있다.
- [129] 상기 모듈 수납부(200)의 제1 측면(210)으로는, 플라즈마 장치(PS)로부터의 방출 광이 입사되는 입사부(211)가 형성되고, 상기 입사부(211)는 투명 윈도우로 구성될 수 있다.
- [130] 한편, 상기 제1 측면(21)은 상기 플라즈마 장치의 가시창에 직접 장착되는 구조로서, 상기 입사부(211)는 상기 플라즈마 장치의 가시창에 해당되는 투명 윈도우일 수도 있다.
- [131] 상기 스플릿터부(300)는 상기 수납공간(202)의 내부에 수납되며 위치하고, 도시된 바와 같이 상기 제1 방향(X)을 따라 순차적으로 배치되는 제1 및 제2 스플릿터들(310, 320)을 포함할 수 있다.
- [132] 본 실시예에서는, 상기 스플릿터부(300)가 2개의 스플릿터들을 포함하는 것을 예시하였으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 상기 제1 방향(X)을 따라 순차적으로 3개 이상의 스플릿터들이 배치될 수도 있다.
- [133] 즉, 상기 스플릿터들은 상기 제1 방향(X)을 따라, 즉 상기 방출 광이 입사되는 방향을 따라, 2개 이상이 배치되면 충분하며, 그 개수는 제한되지는 않는다. 나아가, 이상과 같이 상기 스플릿터들이 3개 이상으로 배치된다면, 후술되는 상기 광검출부(500) 및 상기 투과 필터부(400)의 광검출기들 및 투과 필터들도 상기 스플릿터들의 개수와 동일한 개수로 정렬되며 배치될 수 있다.
- [134] 다만, 이하에서는 설명의 편의를 위해, 2개의 스플릿터들(310, 320)이 상기 제1 방향(X)을 따라 배열되는 것을 설명한다.
- [135] 상기 각각의 스플릿터들(310, 320)은 소위, 프리즘(prism) 형상을 가지는 것으로, 경사면이 상기 광의 입사 방향을 따라 배치된다.
- [136] 즉, 상기 제1 스플릿터(310)의 제1 면(311)은 상기 제1 방향(X)과 평행하게 연장되고, 상기 제1 스플릿터(310)의 입사면(313)은 상기 제2 방향(Y)과 평행하게 연장되며, 상기 제1 스플릿터(310)의 제2 면(312)은 상기 광의 입사 방향에 대하여 경사지도록 형성된다. 예를 들어, 상기 제2 면(312)은 상기 광의 입사 방향인 제1 방향(X)에 대하여 45도의 경사각을 가지는 경사면으로 형성될 수 있다.
- [137] 또한, 상기 제2 스플릿터(320)는 상기 제1 스플릿터(310)로부터 상기 광의 입사 방향으로 후측에 소정 거리 이격되도록 배치되며, 제1 면(321), 제2 면(322) 및 입사면(323)의 배치는 상기 제1 스플릿터(310)와 실질적으로 동일하다. 즉, 상기 제2 스플릿터(320)의 제1 면(321)은 상기 제1 방향(X)에 평행하고, 입사면(323)은 상기 제2 방향(Y)에 평행하며, 제2 면(322)은 상기 제1 방향(X)에 경사지도록 예를 들어 45도의 경사각을 가지도록 형성될 수 있다.
- [138] 이상과 같이, 상기 제1 및 제2 스플릿터들(310, 320)이 연속적으로 배치됨에 따라, 상기 입사부(211)를 통해 입사되는 방출 광은, 도 4b에서 화살표로 도시된 바와 같이, 연속적으로 분파된다.

- [139] 즉, 상기 입사부(211)를 통해 입사되는 광은, 상기 입사면(313)으로 입사된 후 상기 제1 스플릿터(310)를 통해 분파되어 상기 제1 면(311)을 통해 후술되는 제1 투과필터(410)를 향하도록 제공되고, 상기 제2 면(312)을 통해 상기 제2 스플릿터(320)의 입사면(323)으로 제공된다.
- [140] 또한, 상기 제2 스플릿터(320)의 입사면(323)으로 입사된 광은, 상기 제2 스플릿터(320)를 통해 분파되어, 상기 제1 면(321)을 통해 후술되는 제2 투과필터(420)를 향하도록 제공되고, 상기 제2 면(322)을 통해 후술되는 제3 투과필터(430)를 향하도록 제공된다.
- [141] 이상과 같이, 복수의 스플릿터들을 통해 입사광은 투과필터가 위치하는 위치로 분파되어 제공된다.
- [142] 상기 광 검출부(500)는 상기 투과 필터부(400)를 통과한 광 신호를 검출하는 것으로, 앞선 도 2a를 참조하여 설명한 상기 광 검출부(30)와 그 배치 및 배열만 다를 뿐 기능은 실질적으로 동일하다.
- [143] 상기 광 검출부(500)는 도시된 바와 같이, 제1 내지 제3 광 검출기들(510, 520, 530)을 포함한다. 이 때, 상기 제1 및 제2 광 검출기들(510, 520)은 상기 제3 측면(230) 상에 서로 이격되도록 배치되며, 상기 제3 광 검출기(530)는 상기 제2 측면(220) 상에 배치된다.
- [144] 상기 제1 내지 제3 광 검출기들(510, 520, 530)의 면적은 서로 동일하게 형성될 수 있다.
- [145] 상기 제3 광 검출기(530)는 상기 제2 측면(220) 상에 고정되도록 배치됨에 따라, 상기 제1 측면(210)의 입사부(211)를 관통하여 입사된 광이, 상기 제1 및 제2 스플릿터들(310, 320)을 통과하여 그대로 상기 제1 방향(X)으로 제공될 때, 해당 광의 광 신호를 검출하게 된다. 이 때, 상기 제3 투과필터(430)를 통해 특정 대역만 투과된 신호를 검출하게 된다.
- [146] 이와 달리, 상기 제1 광 검출기(510)는 상기 제3 측면(220) 상에 고정되도록 배치되는 것으로, 상기 제1 스플릿터(310)의 제1 면(311)과 서로 마주하도록 평행하게 배치된다.
- [147] 그리하여, 상기 입사부(211)를 통해 입사된 광이, 상기 제1 스플릿터(310)를 통해 분파되어 상기 제1 면(311)으로 제공되는 경우, 해당 광의 광 신호를 검출하게 된다. 이 때, 상기 제1 투과필터(410)를 통해 특정 대역만 투과된 신호를 검출하게 된다.
- [148] 한편, 상기 제2 광 검출기(520)는 상기 제3 측면(220) 상에 고정되며, 상기 제1 광 검출기(510)에 인접하도록 서로 이격되어 배치되는 것으로, 상기 제2 스플릿터(320)의 제1 면(321)과 서로 마주하도록 평행하게 배치된다.
- [149] 그리하여, 상기 제1 스플릿터(310)의 제2 면(312)을 통해 분파된 광이, 상기 제2 스플릿터(320)에 의해 다시 분파되어 상기 제1 면(323)으로 제공되는 경우, 해당 광의 광 신호를 검출하게 된다. 이 때, 상기 제2 투과필터(420)를 통해 특정 대역만 투과된 신호를 검출하게 된다.

- [150] 상기 투과 필터부(400)는 특정 대역의 신호를 투과시키는 것으로, 복수의 제1 내지 제3 투과필터들(410, 420, 430)을 포함한다. 이 때, 상기 제1 내지 제3 투과필터들(410, 420, 430) 각각의 기능은 앞선 도 2a에서 설명한 상기 제1 내지 제3 투과필터들(51, 52, 53)과 실질적으로 동일하다.
- [151] 상기 제1 투과필터(410)는 상기 제1 스플릿터(310)의 제1 면(311)과 상기 제1 광 검출기(510)의 사이에 배치되며, 상기 제1 면(311)과 평행한 방향, 즉 상기 제3 측면(230)과 평행한 방향인 상기 제1 방향(X)에 대하여 제1 각(θ_1)을 형성하며 경사지도록 배치된다.
- [152] 그리하여, 상기 제1 투과필터(410)의 법선 방향은, 상기 제1 면(311)을 투과하여 제공되는 광의 입사방향과 제1 각(θ_1)을 형성한다.
- [153] 또한, 상기 제2 투과필터(420)는 상기 제2 스플릿터(320)의 제1 면(321)과 상기 제2 광 검출기(520)의 사이에 배치되며, 상기 제1 면(321)과 평행한 방향, 즉 상기 제3 측면(230)과 평행한 방향인 상기 제1 방향(X)에 대하여 제2 각(θ_2)을 형성하며 경사지도록 배치된다.
- [154] 그리하여, 상기 제2 투과필터(420)의 법선 방향은, 상기 제1 면(321)을 투과하여 제공되는 광의 입사방향과 제2 각(θ_2)을 형성한다.
- [155] 나아가, 상기 제3 투과필터(430)는 상기 제2 스플릿터(320)의 제2 면(322)과 상기 제3 광 검출기(530)의 사이에 배치되며, 상기 제2 측면(220)과 평행한 방향, 즉 상기 제2 방향(Y)을 따라 형성되어, 별도의 경사각을 형성하지는 않는다.
- [156] 이에, 상기 제3 투과필터(430)의 법선 방향은, 상기 제2 면(322)을 투과하여 제공되는 광의 입사방향과 제3 각(θ_3)을 형성하되, 이 경우, 상기 제3 각은 0도일 수 있다.
- [157] 이와 달리, 상기 제3 투과필터(430)가 형성하는 제3 각(θ_3)이 0이 아닐 수도 있다.
- [158] 한편, 본 실시예에서는 상기 제1 내지 제3 각들($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)은 예를 들어, 하기 식 (4)의 관계를 만족시킬 수 있다. 다만, 하기 식 (4)의 관계는 예시에 불과하며, 각각의 각들이 0도 이상의 예각을 만족시킨다면 서로 크기가 다르게 형성되는 조건을 충족시키며, 상호간의 크기 관계는 다양하게 가변될 수 있다.
- [159] $90^\circ > \theta_2 > \theta_1 > \theta_3 \geq 0^\circ$ 식 (4)
- [160] 이상과 같이, 상기 제1 내지 제3 투과필터들(410, 420, 430)이 서로 다른 각을 가지도록 배치됨에 따라, 상기 제1 내지 제3 투과필터들은 서로 다른 대역의 파장을 투과시키며, 이를 통해 최종적으로 순수 방출 광신호에 대한 정보를 획득할 수 있다.
- [161] 도 5는 도 4a의 광센서 모듈을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서, 광 신호의 필터 입사각에 따른 파장 변화를 이용하여, 방출 신호의 세기와 필터 투과율의 정보를 획득하는 방법을 예시한 그래프이다. 도 6은 도 4a의 광센서 모듈을 포함

하는 공정 모니터링 시스템을 이용하여, 투과 광신호와 투과 배경신호를 검출하는 방법을 예시한 그래프이다.

- [162] 우선, 도 5를 참조하면, 상기 광센서 모듈(100)을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서는, 신호 처리부(600)를 더 포함하는데, 상기 신호 처리부(600)를 통해서, 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한 바와 같은 신호 처리를 수행하여, 최종적으로 순수 방출 광신호를 획득하게 된다.
- [163] 도 4a의 광센서 모듈(100)에서, 제3 투과필터(430)의 제3 각(θ_3)을 0도로 설정하고, 제1 투과필터(410)의 제1 각(θ_1)을 5도로 설정하고, 제2 투과필터(420)의 제2 각(θ_2)을 9도로 설정한다면, 서로 다른 파장 대역의 신호들을 제1 내지 제3 광 검출기들(510, 520, 530)을 통해 검출할 수 있다.
- [164] 예를 들어, 상기 제3 각(θ_3)을 가지는 제3 투과필터(430)는 배경신호 투과 필터(BF2)로서, 배경 신호 파장 대역의 신호가 투과되어 상기 제3 광 검출기(530)를 통해 배경 신호가 검출될 수 있다.
- [165] 또한, 상기 제1 각(θ_1)을 가지는 제1 투과필터(410)는 원자 방출 신호(OS1)를 선택적으로 투과하는 대역 투과 필터(OF)로서, 원자 방출 신호가 투과되어 상기 제1 광 검출기(510)를 통해 원자 방출신호가 검출될 수 있다.
- [166] 나아가, 상기 제2 각(θ_2)을 가지는 제2 투과필터(420)는 배경신호 투과 필터(BF1)로서, 다른 파장의 배경 신호 파장 대역의 신호가 투과되어 상기 제2 광 검출기(520)를 통해 다른 파장의 배경 신호가 검출될 수 있다.
- [167] 그리하여, 도 6에서와 같이, 상기 제1 내지 제3 각들($\theta_1, \theta_2, \theta_3$)이 상기 식 (4)를 만족시키도록 설계된 상기 광센서 모듈(100)에서($\theta_3=0^\circ$), 상기 스플릿터 부(300)를 통해, 관찰 대상 광 신호 파장 대역(OF)으로 1/2, 배경 신호 파장 대역(BF1, BF2)으로 1/4씩 입사하도록 설계한다면, 상기 제1 내지 제3 광 검출기들(510, 520, 530)을 통해 검출되는 신호들을 바탕으로, 상기 신호 처리부(600)는 배경 신호들이 제거된 순수 방출 광신호를 획득할 수 있다.
- [168] 이 경우, 상기 신호 처리부(600)는, 상기 광 검출기들에서 검출되는 신호들 사이의 단순한 사칙연산($OS2-(1/2)(LBS2+RBS2)$)을 통해 순수 방출 광신호를 획득할 수 있다.
- [169] 이상과 같이, 상기 투과 필터부(400)가 포함하는 투과 필터들(410, 420, 430)이 입사되는 광에 대하여 소정의 경사각을 형성하도록 배치하고, 각각의 경사각을 다양하게 가변시킴으로써, 서로 다른 대역의 신호들을 검출할 수 있으며, 이를 통해 입사되는 광에서 배경 신호를 제외한 순수 방출 광신호에 대한 정보를 용이하게 획득할 수 있다.
- [170] 도 7a는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 사시도이고, 도 7b는 도 7a의 광센서 모듈의 평면도이다.
- [171] 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(200)은, 스플릿터의 개수가 1개로 구성되며 이에 따라 광 검출기 및 투과 필터의 개수 및 배열이 가변되는 것을 제외하고는,

도 4a 및 도 4b를 참조하여 설명한 상기 광센서 모듈(100)과 실질적으로 동일하므로, 동일한 구성요소에 대하여는 동일한 참조번호를 사용하고 중복되는 설명은 생략한다.

- [172] 도 7a 및 도 7b를 참조하면, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(200)은 모듈 수납부(200), 스플릿터 부(301), 투과 필터부(401) 및 광 검출부(501)를 포함한다.
- [173] 상기 모듈 수납부(200)는 앞서 설명한 도 6a에서와 동일하지만, 내부에 스플릿터는 1개만 구비되어도 충분하므로, 전체적인 수납 공간(202)의 크기는 작게 형성될 수 있다.
- [174] 상기 스플릿터 부(301)는 하나의 스플릿터만을 포함하는 것으로, 상기 제1 방향(X)을 따라 연장되는 제1 면(311), 상기 제2 방향(Y)을 따라 연장되는 입사면(313), 및 경사면으로 상기 제1 방향(X)에 대하여 45도의 경사각을 가지도록 연장되는 제2 면(312)으로 구성되는 것은 앞서 설명한 바와 동일하다.
- [175] 그리하여, 상기 입사부(211)를 통해 입사되는 광은, 상기 입사면(313)으로 입사된 후 상기 스플릿터 부(301)를 통해 분파되어 상기 제1 면(311)을 통해 후술되는 제1 투과필터(411)를 향하도록 제공되고, 상기 제2 면(312)을 통해 후술되는 제2 투과필터(421)를 향하도록 제공된다.
- [176] 상기 광 검출부(501)는 제3 측면(230)에 고정되는 제1 광 검출기(511), 및 제2 측면(220)에 고정되는 제2 광 검출기(521)를 포함한다.
- [177] 이 때, 상기 제1 광 검출기(511)와 상기 제2 광 검출기(521)는 서로 다른 대역의 신호들을 검출하며, 이렇게 검출된 신호는 앞서 설명한 상기 신호 처리부(600)를 통해 신호가 연산되어 최종적으로 순수 방출 광신호로 획득된다.
- [178] 상기 투과 필터부(401)는 상기 제1 광 검출기(511)와 상기 제1 면(311)의 사이에 배치되는 제1 투과필터(411), 및 상기 제2 광 검출기(521)와 상기 제2 면(312)의 사이에 배치되는 제2 투과필터(421)를 포함한다.
- [179] 이 때, 상기 제1 투과필터(411)는 상기 스플릿터 부(301)의 제1 면(311)과 상기 제1 광 검출기(511)의 사이에 배치되며, 상기 제1 면(311)과 평행한 방향, 즉 상기 제3 측면(230)과 평행한 방향인 상기 제1 방향(X)에 대하여 제1 각(θ_1)을 형성하며 경사지도록 배치된다.
- [180] 그리하여, 상기 제1 투과필터(411)의 법선 방향은, 상기 제1 면(311)을 투과하여 제공되는 광의 입사방향과 제1 각(θ_1)을 형성할 수 있는데, 이 경우, 상기 제1 각(θ_1)은 0도일 수 있다.
- [181] 이와 달리, 상기 제1 투과필터(411)가 형성하는 제1 각(θ_1)이 0이 아닐 수도 있다.
- [182] 또한, 상기 제2 투과필터(421)는 상기 스플릿터 부(301)의 제2 면(312)과 상기 제2 광 검출기(521)의 사이에 배치되며, 상기 제2 측면(220)과 평행한 방향, 즉 상기 제2 방향(Y)을 따라 형성된다.

- [183] 그리하여, 상기 제2 투과필터(421)의 법선 방향은, 상기 제2 면(312)을 투과하여 제공되는 입사방향과 제2 각(θ_2)을 형성할 수 있는데, 이 경우, 상기 제2 각(θ_2)은 예각일 수 있다.
- [184] 즉, 상기 제2 투과필터(421)의 법선 방향은, 상기 제2 면(312)을 투과하여 제공되는 광의 입사방향과 제2 각(θ_2)을 형성한다.
- [185] 한편, 본 실시예에서는 상기 제1 각 및 제2 각(θ_1, θ_2)은 예를 들어, 하기 식 (5)의 관계를 만족시킬 수 있다. 다만, 하기 식 (5)의 관계는 예시에 불과하며, 각각의 각들이 0도 이상의 예각을 만족시킨다면 서로 크기가 다르게 형성되는 조건을 충족시키며, 상호간의 크기 관계는 다양하게 가변될 수 있다.
- [186] $90^\circ > \theta_2 > \theta_1 \geq 0^\circ$ 식 (5)
- [187] 이상과 같이, 상기 제1 및 제2 투과필터들(411, 421)이 서로 다른 각을 가지도록 배치됨에 따라, 상기 제1 및 제2 투과필터들은 서로 다른 대역의 파장을 투과시키며, 이를 통해 최종적으로 순수 방출 광신호에 대한 정보를 획득할 수 있다. 이러한 순수 방출 광신호의 획득은 상기 신호 처리부(600)를 통해 수행되며, 세부적인 내용은 앞선 도 5 및 도 6을 참조하여 설명한 바와 같다.
- [188] 한편, 본 실시예에서의 상기 광센서 모듈(200)은, 2개의 투과 필터를 통해 서로 다른 파장 대역의 신호를 투과시키는 것으로, 측정하고자 하는 공정에서 방출되는 신호에서 있어, 배경신호의 세기가 방출 광신호의 세기에 비하여 상대적으로 미약한 경우, 적용될 수 있다.
- [189] 즉, 방출 광신호 주변 대역의 배경신호의 세기가 상대적으로 미약하므로, 하나의 투과 필터를 통해 획득되는 배경 신호를 제거하는 것으로, 순수 방출 광신호를 효과적으로 할 수 있기 때문이다.
- [190] 동일한 측면에서, 만약 측정하고자 하는 공정에서 방출되는 신호에서 있어, 배경신호의 세기가 방출 광신호의 세기에 비하여 상대적으로 강한 경우라면, 상기 투과 필터의 개수를 증가시켜 다채널로 신호를 획득하는 것이 필요하다.
- [191] 이를 위해서는 도 4a 및 도 4b에서와 같은 3개의 채널 외에, 4개 이상의 채널이 요구될 수 있으며, 이에 따라 3개 이상의 스플릿터들, 3개 이상의 투과필터들, 및 3개 이상의 광 검출기들이 앞서 설명한 배치와 유사한 배치로 구비될 수 있다.
- [192] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 모식도이다.
- [193] 도 8을 참조하면, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(11)은 모듈 수납부(201), 윈도우부(250), 투과 필터부(1300) 및 광 검출부(1400)를 포함한다.
- [194] 상기 모듈 수납부(201)는 도시된 바와 같이 내부에 소정의 내부 공간(202)을 형성하는 블록 형상을 가질 수 있으며, 상기 광원(1)을 향하는 방향으로 입사부(212)가 형성되고, 상기 입사부(212) 상에는 상기 윈도우부(250)가 형성될 수 있다. 이 때, 상기 윈도우부(250)는 별도로 구성되는 것이 생략되며, 상기 입사부(212)를 통해 직접 광(2)이 입사될 수 있다. 다만, 이하의 실시예들에서는 상기 윈

도우부(250)를 통해 광(2)이 상기 입사부(212)로 입사되는 것을 예시하여 설명한다.

- [195] 상기 모듈 수납부(201)는 상기 내부 공간(202) 상에 상기 투과 필터부(1300) 및 상기 광 검출부(1400)가 수납되는 것으로, 구체적으로 도시하지는 않았으나, 상기 투과 필터부(1300)가 장착되는 장착부와, 상기 광 검출부(1400)가 장착되는 장착부가 상기 내부 공간(202) 상에 구획되어 형성될 수 있다.
- [196] 즉, 상기 투과 필터부(1300) 및 상기 광 검출부(1400)는 상기 내부 공간(202) 상에 소정의 영역으로 서로 구획되는 영역 상에 각각 장착되는 것으로, 상기 투과 필터부(1300) 및 상기 광 검출부(1400)가 장착되는 구조는 다양하게 설계될 수 있다.
- [197] 예를 들어, 상기 투과 필터부(1300) 및 상기 광 검출부(1400)는 슬릿과 같이 형성되는 장착부 상에 장착될 수도 있으며, 별도의 고정 부재가 구비된 장착부 상에 장착될 수도 있다.
- [198] 나아가, 상기 투과 필터부(1300) 및 상기 광 검출부(1400)의 경우, 상기 모듈 수납부(201)의 내부 공간(202)부터 탈착되어 외부로 제거될 수 있으며, 여타의 투과 필터부 또는 광 검출부가 선택적으로 장착될 수 있다. 즉, 상기 투과 필터부(1300) 및 상기 광 검출부(1400)는 상기 모듈 수납부(201) 상에 선택적으로 탈부착될 수 있는 것으로, 상기 검출하여야 하는 광(2)의 특성 등을 고려하여 최적의 투과 필터부 및 광 검출부가 선택적으로 장착될 수 있다.
- [199] 한편, 본 실시예에서 상기 윈도우부(250)는 투명한 재질을 포함하는 것으로, 상기 광원(1)으로부터 발생하는 광(2)은 상기 윈도우부(250)를 통해 상기 모듈 수납부(201)의 내측으로 제공될 수 있다.
- [200] 이 경우, 상기 모듈 수납부(201)의 입사부(212)는 상기 광(2)을 향하도록 위치하며, 상기 입사부(212) 역시 윈도우(window) 형태로 개방되어, 상기 윈도우부(250)를 통과한 광(2)이 상기 입사부(212)를 통해 상기 내부 공간(202)로 입사된다.
- [201] 또한, 상기 윈도우부(250)의 경우, 도 8을 통해서는 상기 입사부(212)로부터 이격되도록 형성되는 것으로 도시하였으나 이는 상기 윈도우부(250)의 구조에 대한 설명을 위한 것으로, 실질적으로 상기 윈도우부(250)는 상기 입사부(212) 상에 부착되도록 형성될 수 있다.
- [202] 또한, 본 실시예의 경우, 상기 윈도우부(250)는 상기 입사부(212)의 면적 전체에 형성되는 것으로, 이에, 상기 윈도우부(250)를 통해 입사되는 광(2)은 상기 모듈 수납부(201)의 내부에 배치되는 상기 투과 필터부(1300)의 투과필터들 전체에 균일하게 입사될 수 있다.
- [203] 상기 투과 필터부(1300)는 상기 광(2)이 입사되는 방향(제1 방향, X)에 수직인 방향을 따라 소정의 면적으로 가지면서 배치되는 복수의 투과필터들(1301, 1302, 1303)을 포함한다.

- [204] 즉, 각각의 투과필터들(1301, 1302, 1303)은 상기 제1 방향(X)에 수직인 방향, 즉 YZ 평면에 평행인 방향으로 소정 면적을 가지도록 형성되며, 각각의 투과필터들의 면적은 서로 동일하게 형성될 수 있다.
- [205] 이 때, 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303)은 도 8을 통해서는 3개의 투과필터들이 배열되는 것을 예시하였으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 2개의 투과필터가 배열되거나, 또는 4개 이상의 투과필터들이 배열될 수도 있다.
- [206] 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303)의 경우, 상기 제1 방향(X)에 수직인 제2 방향(Y)을 따라 일렬로 배열되며, 상기 제2 방향(Y)을 따라 서로 소정 거리 이격되도록 배열된다.
- [207] 이 경우, 각각의 투과필터들(1301, 1302, 1303)은 상기 입사되는 광(2)에 대하여 기 설정된 대역(band)의 신호를 투과시키는 것으로, 상기 각각의 투과필터들(1301, 1302, 1303)이 투과시키는 대역은 서로 다르게 기 설정될 수 있다.
- [208] 즉, 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303)은 발생하는 플라즈마 광(2)의 특성을 고려하여 선택적으로 장착될 수 있는 것이므로, 상기 플라즈마 발생 공정의 특성을 고려하여 기 설정된 대역의 광신호를 투과시키도록 상기 투과필터들 각각이 선택되어, 상기 모듈 수납부(201)에 장착될 수 있다.
- [209] 이상과 같이, 상기 플라즈마 발생 공정의 특성을 고려하여 기 설정된 대역의 광신호만 투과하도록 상기 투과필터들이 선택되어야 한다. 이를 위해 투과필터의 투과 대역폭은 획득 광량 증가에 따른 신호 대비 잡음비 개선을 위해 관찰하고자 하는 신호의 반치폭보다 넓어야 하나, 관찰 대상이 아닌 주변 파장 대역 신호를 포함하지 않도록 투과 대역폭이 제한되어야 한다.
- [210] 이 경우, 상기 투과필터들 각각의 투과 반치폭(full width at half maximum, FWHM)은 10 nm 이하일 수 있다. 이는, 상기 플라즈마 발생 공정에서 발생하는 플라즈마 광(2)이 가지는 특성을 고려하여, 플라즈마 내에 존재하는 원자(> 1nm) 및 분자(~ 10nm) 방출 신호의 대역을 고려하여 설정되는 것이다.
- [211] 상기 광 검출부(1400)는 상기 광(2)이 제공되는 경로(즉, 제1 방향(X))를 따라, 상기 투과 필터부(1300)의 후측에 배치되며, 앞서 설명한 바와 같이 상기 내부 공간(202) 상의 소정의 장착부에 탈부착이 가능하도록 위치한다.
- [212] 이 때, 상기 광 검출부(1400)는 복수의 광 검출기들(1401, 1402, 1403)을 포함하는데, 각각의 광 검출기들(1401, 1402, 1403)은 앞서 설명한 상기 각각의 투과필터들(1301, 1302, 1303)과 상기 제1 방향(X)을 따라 서로 정렬된다.
- [213] 따라서, 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403) 각각도 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303) 각각과 유사한 소정 면적을 가지는 형태, 예를 들어 사각형 플레이트 형상을 가지도록 형성될 수 있으며, 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403)도 상기 제2 방향(Y)을 따라 소정의 간격으로 서로 이격되도록 배열된다.
- [214] 이에, 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403) 각각은 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303) 각각을 투과한 기 설정된 대역의 광신호를 검출한다.

- [215] 이 경우, 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403) 각각의 면적은 $10^{-1} \sim 10^2 \text{ mm}^2$ 일 수 있으며, 이는 모니터링의 대상이 되는 광(2) 신호의 파장대역의 광자속을 고려하여 설정될 수 있다.
- [216] 또한, 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403) 각각은 포토 다이오드(photo diode), 어발란체 포토다이오드(APD), MPPC(multi pixel photon counter)를 포함할 수 있으며, 이는 신호 증폭의 필요성 등을 고려하여 선택될 수 있다.
- [217] 또한, 앞서 설명한 바와 같이, 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303) 각각이 투과필터-광 검출기 사이의 정렬 오차에 의한 신호 간섭을 최소화하기 위해, 상기 제2 방향(Y)을 따라 서로 이격되도록 배열되는데, 이 때, 상기 신호 간섭의 최소화를 위해, 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403) 각각의 크기를 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303) 각각의 크기보다 작게 형성할 수 있다.
- [218] 즉, 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303)은 서로 동일한 크기 또는 면적으로 형성되고, 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403)도 서로 동일한 크기 또는 면적으로 형성되지만, 각각의 투과필터의 크기 또는 면적이 각각의 광 검출기의 크기 또는 면적보다는 크게 형성되어, 상기 신호 간섭의 문제를 최소화할 수 있다.
- [219] 한편, 앞서 설명한 바와 같이, 상기 광센서 모듈(11)을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서는, 도시하지는 않았으나, 신호 처리부를 더 포함하며, 상기 신호 처리부를 통해 수행되는 신호 처리의 경우, 앞선 실시예들을 통해 설명한 바와 동일하게 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403)을 통해 검출되는 신호들을 바탕으로, 소정의 신호 처리를 수행할 수 있다.
- [220] 즉, 상기 신호 처리부는 도시하지는 않았으나, 상기 광(2)이 제공되는 경로, 즉 상기 제1 방향(X)을 따라 상기 광 검출부(1400)의 후측에 배치되며, 상기 모듈 수납부(201)의 내부 공간(202)에 위치하거나, 또는 상기 모듈 수납부(201)의 외측으로 위치할 수도 있다.
- [221] 상기 신호 처리부는 상기 광 검출부(1400)를 통해 검출된 광신호를 처리하여 모니터링을 위한 광신호로 가공시키는 것으로, 예를 들어, 도시하지는 않았으나, 신호 적분기, 신호 변환기 및 신호 연산기를 포함할 수 있다.
- [222] 상기 신호 적분기는 상기 검출된 광신호에 대하여 개별신호에 대하여 노출 시간 또는 적분 시간(integration time)을 설정하여 신호를 적분하고, 상기 신호 변환기는 상기 적분된 신호에 대하여 A/D 변환을 수행하여 상기 신호에 포함된 노이즈를 제거한다. 또한, 상기 신호 연산기는 상기 변환 및 노이즈가 제거된 신호에 대하여 배경신호를 제거하며, 이를 통해 최종적으로 플라즈마 공정에서 공정 조건과 관련하여 모니터링이 필요한 광신호만 잔류시킨다.
- [223] 이에, 상기 모니터링 대상의 광신호가 전송되며, 이를 통해, 모니터링 대상 공정인 플라즈마 공정의 공정 조건 또는 공정 상태 등에 대한 정보를 획득할 수 있다. 이 때, 획득되는 정보는, 앞서 설명한 바와 같이, 해당 공정에서 사용되는 다양한 공정 정보, 예를 들어 공정의 시작, 공정에 사용되는 가스나 기체의 종류, 공정의 종료 등에 대한 정보를 포함할 수 있다.

- [224] 보다 구체적으로, 앞서 설명한 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303) 각각은 서로 다른 대역의 신호들을 투과시키는데, 이에 방출 광신호 대역의 방출 광신호와, 배경신호 대역의 배경신호가 각각의 투과필터들을 통해 수신될 수 있고, 마찬가지로 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403)을 통해 검출될 수 있다.
- [225] 이에, 상기 신호 처리부는, 앞선 도 1a 및 도 1b를 참조하여 설명한 바와 같은 신호처리를 수행하여, 상기 방출 광신호 및 상기 배경신호를 바탕으로, 최종적으로 상기 배경신호가 제거된 순수 방출 광신호를 연산할 수 있다.
- [226] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 모식도이다.
- [227] 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(12)은 원도우부(251)와 투과 필터부(1300)의 사이에 스플릿터부(1500)가 더 구비되는 것을 제외하고는, 도 8을 참조하여 설명한 상기 광센서 모듈(11)과 실질적으로 동일하므로, 동일한 구성요소에 대하여는 동일한 참조번호를 사용하고 중복되는 설명은 생략한다.
- [228] 우선, 도 8을 참조하여 설명한 상기 광센서 모듈(11)의 경우, 도 8에 도시된 바와 같이, 사용되는 투과필터 및 광 광 검출기의 면적이 증가할수록, 인접한 투과필터 및 광 광 검출기로 입사하는 광원(1, 1')은 서로 달라질 수 있으며, 이에 따라 상기 광(2, 2') 신호 역시 서로 달라질 수 있다.
- [229] 이에, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(12)은 이렇게 가변되는 광원 또는 광 신호의 변화에 따른 문제를 해결하기 위한 것이다.
- [230] 구체적으로, 도 9를 참조하면, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(12)은, 상기 스플릿터부(1500)를 더 포함한다.
- [231] 도 8을 참조하여 설명한 상기 광센서 모듈(11)의 경우, 다수의 광 신호들에 대하여 각 대역별로 투과필터가 수행되어 검출되는 것으로, 다수의 신호가 동시에 모니터링되며, 이를 위해 상대적으로 대면적의 투과필터 및 광 검출기가 적용된다.
- [232] 즉, 이러한 투과필터나 광 검출기의 대면적화 및 다수의 신호에 대한 동시 모니터링을 수행함에 따라, 공간 분해능이 저하되는 문제가 야기될 수 있다. 즉, 하나의 모니터링 장치를 통해 서로 유사한 파장 대역의 신호를 소정 공간 내에서 모니터링함에 따라, 이들 신호를 서로 분간하는 공간 분해능이 저하되는 문제가 야기될 수 있다.
- [233] 이에, 본 실시예의 경우, 이러한 공간 분해능 저하의 문제를 상기 스플릿터부(1500)를 개재시키는 것으로 최소화할 수 있다.
- [234] 즉, 본 실시예에서, 상기 스플릿터부(1500)는 상기 내부 공간(202) 상에 위치하되, 상기 입사부(212)와 상기 투과 필터부(1300)의 사이에 위치한다.
- [235] 한편, 상기 스플릿터부(1500)의 경우도, 앞서 설명한 상기 투과 필터부(1300) 및 상기 광 검출부(1400)와 같이, 상기 내부 공간(202) 상에 소정의 장착부가 구비되어 해당 장착부에 선택적으로 탈부착될 수 있다.
- [236] 상기 스플릿터부(1500)는 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 입사부(212)에 인접하도록 배치되는 제1 스플릿터(1501), 및 상기 제1 스플릿터(1501)와 상기 투과 필터부(1300) 사이에 위치하는 추가 스플릿터들(502, 503, 504)을 포함한다.

- [237] 이 때, 상기 제1 스플릿터(1501)는 도시된 바와 같이, 상기 입사부(212)의 중앙에 위치할 수 있으며, 상기 제1 스플릿터(1501)로는 윈도우부(251)를 투과하여 입사되는 입사광(4)이 입사된다.
- [238] 한편, 본 실시예에서는, 상기 윈도우부(251)는 상기 입사부(212)의 전체에 형성되지 않고, 상기 입사부(212)의 중앙의 일부 영역에만 형성된다. 이에 따라, 상기 광원(1)으로부터 출사되는 광(2)은 상기 입사부(212)에서 상기 윈도우부(251)가 형성된 영역으로만 입사된다. 즉, 상기 광(2)은 상기 입사부(212)의 중앙을 통해서만 상기 내부 공간(202)로 입사된다.
- [239] 이 때, 상기 제1 스플릿터(1501)는 상기 윈도우부(251)와 상기 제1 방향(X)을 따라 서로 정렬되므로, 상기 윈도우부(251)를 통해 입사되는 입사광(4)은 상기 제1 스플릿터(1501)로만 입사된다.
- [240] 이 때, 상기 제1 스플릿터(1501)의 후단, 즉 상기 제1 방향(X)을 따른 후측에는 상기 추가 스플릿터들(1502, 1503, 1504)이 배치된다. 본 실시예에서, 상기 추가 스플릿터들(1502, 1503, 1504)은, 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303)과 서로 정렬되도록 배치될 수 있으며, 이에 따라 도시된 바와 같이 총 3개의 추가 스플릿터들 각각은 상기 투과필터들 각각과 상기 제1 방향(X)을 따라 서로 정렬되며 위치한다.
- [241] 이에 따라, 상기 제1 스플릿터(1501)를 통해 분광되어 제공되는 분할광(5)은 각각의 추가 스플릿터들(1502, 1503, 1504)을 통해 각각의 투과필터들(1301, 1302, 1303)로 제공된다. 이에, 각각의 투과필터들(1301, 1302, 1303) 및 각각의 광 검출기들(1401, 1402, 1403)은 앞서 설명한 바와 같이, 기 설정된 대역의 광 신호에 대하여 검출을 수행한다.
- [242] 한편, 본 실시예에서와 같이, 상기 제1 스플릿터(1501)를 통해 입사광(4)이 균일하게 분광되어 상기 추가 스플릿터들(1502, 1503, 1504)로 제공되는 경우, 상기 추가 스플릿터들(1502, 1503, 1504)을 통해 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303)로 입사되는 분석광(6)은 모두 동일한 광량(700)을 가지는 광일 수 있다.
- [243] 또한, 도 9를 통해서는, 상기 추가 스플릿터들(1502, 1503, 1504)이 각각의 투과필터들과 서로 정렬되도록, 투과필터들의 개수와 동일한 개수가 배열되는 것을 예시하였으나, 상기 추가 스플릿터들의 개수는 반드시 상기 투과필터들의 개수와 동일하게 배열 및 정렬될 필요는 없다.
- [244] 즉, 상기 제1 스플릿터(1501)를 통해 분광되는 광이, 상기 투과필터들(1301, 1302, 1303) 각각으로 동일한 광량의 분석광(6)이 입사될 수 있다면, 상기 추가 스플릿터들(1502, 1503, 1504)의 개수는 제한되지 않는다.
- [245] 한편, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(12)을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서도, 신호 처리부를 포함할 수 있으며, 상기 신호 처리부를 통해 수행되는 신호 처리의 경우, 앞선 실시예들을 통해 설명한 바와 동일하게 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403)을 통해 검출되는 신호들을 바탕으로 소정의 신호 처리를 수

행하여, 방출 광신호 및 배경신호를 바탕으로, 최종적으로 상기 배경신호가 제거된 순수 방출 광신호를 연산할 수 있다.

- [246] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 의한 광센서 모듈을 도시한 모식도이다.
- [247] 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(13)은 스플릿터부(1510) 및 윈도우부(252)의 배치를 제외하고는, 도 9를 참조하여 설명한 상기 광센서 모듈(12)과 실질적으로 동일하므로, 동일한 구성요소에 대하여는 동일한 참조번호를 사용하고 중복되는 설명은 생략한다.
- [248] 도 10을 참조하면, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(13)의 경우, 상기 윈도우부(252)는 상기 입사부(212)의 일 측에 형성된다. 이에 따라, 상기 광원(1)으로부터 출사되는 광(2)은 상기 입사부(212)에서 상기 윈도우부(252)가 형성되는 영역인, 일 측 영역을 통해서만 입사하게 된다.
- [249] 이때, 상기 스플릿터부(1510)는 제1 스플릿터(1511)와 추가 스플릿터들(1512, 1513)을 포함하는데, 상기 제1 스플릿터(1511)는 상기 윈도우부(252)와 상기 제1 방향(X)을 따라 서로 정렬되도록 배치된다.
- [250] 즉, 상기 입사부(212)의 일 측으로 입사되는 입사광(4)이 상기 제1 스플릿터(1511)로 입사되기 위해, 상기 제1 스플릿터(1511) 역시 상기 내부 공간(202)에서 일 측에 위치하게 되며, 예를 들어, 상기 제1 스플릿터(1511)는 상기 투과필터들 중 제1 투과필터(1301)와 상기 제1 방향(X)으로 서로 정렬되도록 배치될 수 있다.
- [251] 이와 같이, 상기 윈도우부(252)를 통해 입사된 입사광(4)은 상기 제1 스플릿터(1511)로 입사되고, 상기 제1 스플릿터(1511)에 의해 광이 분광되어 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513)로 제공된다.
- [252] 이 때, 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513)은 상기 제1 스플릿터(1511)와 상기 제2 방향(Y)을 따라 배열되는 것으로, 도시된 바와 같이, 상기 제1 스플릿터(1511) 및 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513) 각각은 상기 제2 방향(Y)을 따라 서로 소정의 이격 간격을 가지면서 배치된다. 그리하여, 상기 제1 스플릿터(1511)가 상기 제1 투과필터(1301)와 상기 제1 방향(X)을 따라 정렬되는 것과 유사하게, 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513) 각각은 제2 및 제3 투과필터들(1302, 1303) 각각과 상기 제1 방향(X)을 따라 서로 정렬된다.
- [253] 그리하여, 상기 제1 스플릿터(1511)를 통과한 분석광(6)은 상기 제1 투과필터(1301)로 제공되며, 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513)을 각각 통과한 분석광(6)은 상기 제2 및 제3 투과필터들(1302, 1303) 각각으로 제공된다. 이에, 각각의 투과필터들(1301, 1302, 1303) 및 각각의 광 검출기들(1401, 1402, 1403)은 앞서 설명한 바와 같이, 기 설정된 대역의 광 신호에 대하여 검출을 수행한다.
- [254] 한편, 본 실시예의 경우, 상기 제1 스플릿터(1511)를 통해 입사광(4)이 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513)로 차례로 광이 분광되어 제공되므로, 상기 제1 투과필터(1301)에서 상기 제3 투과필터(1303)로 갈수록, 입사되는 분석광(6)의 광량(701)은 감소하게 된다.

- [255] 즉, 서로 다른 대역의 신호를 투과시키는 각각의 투과필터들에 대하여, 서로 다른 광량의 분석광을 제공할 수 있으므로, 결국 개별 파장 대역 신호별로 신호 대비 잡음비(SNR)를 서로 다르게 제어할 수 있다.
- [256] 나아가, 도 10을 통해서는, 상기 제1 스플릿터(1511)로 입사광(4)이 제공되는 것을 예시하였으나, 상기 윈도우부(252)는 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513) 중 어느 하나와 정렬될 수 있으며, 이에 따라 상기 입사광(4)은 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513) 중 어느 하나의 스플릿터로 입사될 수 있다.
- [257] 이와 같이, 상기 추가 스플릿터들(1512, 1513) 중 어느 하나로 상기 입사광(4)이 입사되는 경우, 마찬가지로 상기 입사광(4)이 입사되는 스플릿터가 제1 스플릿터로서 광을 분광하여 여타의 스플릿터들로 제공할 수 있으며, 이를 통해 상기 투과필터들 각각으로 제공되는 분석광(6)의 광량을 서로 다르게 제어할 수 있다.
- [258] 한편, 본 실시예에 의한 상기 광센서 모듈(13)을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서도, 신호 처리부를 포함할 수 있으며, 상기 신호 처리부를 통해 수행되는 신호 처리의 경우, 앞선 실시예들을 통해 설명한 바와 동일하게 상기 광 검출기들(1401, 1402, 1403)을 통해 검출되는 신호들을 바탕으로 소정의 신호 처리를 수행하여, 방출 광신호 및 배경신호를 바탕으로, 최종적으로 상기 배경신호가 제거된 순수 방출 광신호를 연산할 수 있다.
- [259] 도 11a 및 도 11b는 종래의 회절기반 분광계를 이용한 식각 공정에서의 플라즈마 모니터링 결과를 예시한 그래프들이다.
- [260] 도 11a 및 도 11b의 경우, 종래 기술에 의한 회절기반 분광계를 사용하여 실제 식각 공정에서 플라즈마를 모니터링 한 결과를 예시한 것으로, 식각 공정은 2.7 μm 깊이의 폴리이미드(polyimide) 층을 식각함에 있어, 사불화탄소(CF₄)와 산소(O₂)를 각각 20 sccm 및 80 sccm으로 제공하면서, 80 mTorr의 압력으로 700초(sec)간 식각을 수행하면서 발생하는 플라즈마 광을 모니터링 한 결과이다. 이 때, 상용 회절기반 분광계의 광 광 검출기는 개별 파장에 대해 50 x 50 μm^2 의 측정면적을 가진다.
- [261] 도 11a는 상기 식각 공정을 통해 검출되는 광 신호의 강도(H α intensity)의 변화를 나타낸 것이고, 도 11b는 상기 식각 공정을 통해 검출되는 노이즈 신호의 강도(Noise intensity)의 변화를 나타낸 것이다.
- [262] 이에, 도 11a 및 도 11b를 참조하여, 종래 기술에 의한 광 광 검출기를 사용하는 경우의, 신호 대비 잡음비(SNR)를 연산하면, 대략 2200 정도가 하기와 같이 도출되는 것을 확인할 수 있다.
- [263]
$$SNR(\text{종래기술}) = \frac{18500}{8.406} \approx 2200$$
- [264] 도 12는 도 8을 참조하여 설명한 실시예에 의한 공정 모니터링 장치에 적용되는 투과 필터부의 특성과 방출 광신호를 예시한 그래프이고, 도 13a 및 도 13b는 도 12의 투과 필터부가 적용된 도 8을 참조하여 설명한 실시예에 의한 공정 모니터

링 장치를 이용한 식각 공정에서의 플라즈마 모니터링 결과를 예시한 그래프들이다.

[265] 즉, 도 13a 및 도 13b는, 도 11a 및 도 11b에서와 동일한 조건의 식각 공정을 수행함에 있어, 도 8에 예시한 실시예에 의한 광센서 모듈(11)을 사용하여 플라즈마 모니터링 결과를 예시한 그래프들이다.

[266] 이 경우, 도 8의 실시예에서의 상기 광센서 모듈(11)에 장착된 투과 필터부(1300)는 도 12a에서와 같이 특정 대역의 신호를 투과하도록 설정되었다.

[267] 또한, 상기 광센서 모듈(11)에서, 상기 투과 필터부(1300)에서 각각의 투과 필터, 및 상기 광 검출부(1400)에서 각각의 광 검출기는 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ 의 면적을 가지는 것으로 실험하였으며, 상기 투과 필터의 투과 반치폭(full width at half maximum, FWHM)은 1nm로 설정하였다.

[268] 이에, 도 13a는 상기 식각 공정을 통해 검출되는 광 신호의 강도(H α intensity)의 변화를 나타낸 것이고, 도 13b는 상기 식각 공정을 통해 검출되는 노이즈 신호의 강도(Noise intensity)의 변화를 나타낸 것이다.

[269] 이에, 도 13a 및 도 13b를 참조하여, 도 8을 참조하여 설명한 실시예에서의 상기 광센서 모듈(11)을 사용하는 경우의, 신호 대비 잡음비(SNR)를 연산하면, 대략 6060 정도가 하기와 같이 도출되는 것을 확인할 수 있다.

[270]
$$SNR(\text{본 실시예}) = \frac{4.22M}{693} \approx 6060$$

[271] 결국, 상기 광센서 모듈(11)을 사용하는 경우, 보다 높은 신호 대비 잡음비(SNR)를 구현할 수 있음을 확인할 수 있다.

[272] 상기와 같은 본 발명의 실시예들에 의하면, 방출 광신호에서 배경 신호를 제외한 순수 방출 광신호만 추출하기 위해서는, 방출 광신호 대역과 배경 신호 대역의 신호를 각각 검출하는 것이 필요한데, 이를 위한 종래의 초협대역 투과 필터의 제작은 제작 공정 상의 한계가 있었다.

[273] 이에, 본 발명의 실시예들에서와 같이, 서로 인접하도록 배치되는 투과 필터들이 입사되는 광에 대하여 형성하는 각을 서로 다르게, 즉 투과 필터들의 법선이 입사광과 형성하는 각을 서로 다르게 형성함으로써, 하나의 입사광을 통해 다양한 대역의 광신호를 검출할 수 있으며, 이를 통해 배경 신호 대역의 신호만을 제거하는 것으로, 순수 방출 광신호의 정확하고 용이한 검출이 가능하다.

[274] 즉, 서로 다른 경사각을 가지도록 투과 필터들을 서로 이격하도록 형성하는 것으로, 초협대역 투과 필터의 제작을 생략하면서도 순수 방출 광신호에 대한 정확한 검출이 가능하여, 광센서 모듈의 제작 공정이 용이하며 광신호 검출을 위한 신호 처리도 용이하게 수행될 수 있다.

[275] 이 경우, 상기 투과 필터들은 일 방향으로 연속적으로 서로 이격되도록 배치될 수도 있으나, 이와 달리, 소정의 수납 공간 상에서 서로 위치를 달리하여 배치될 수도 있다.

- [276] 즉, 입사되는 광을 분파시켜 서로 수직인 2개의 면으로 제공하는 스플릿터부를 구비하여, 복수의 방향으로 광을 분파시켜 제공한 상태에서, 각각의 분파되는 광을 투과시키는 투과필터들을 입사되는 광에 대하여 서로 다른 경사각, 즉 법선의 각이 입사광과 서로 다르도록 형성함으로써, 하나의 광으로부터 서로 다른 주파수 대역의 신호들을 검출할 수 있다. 또한, 이렇게 검출되는 신호들로부터 배경 신호를 제거하여 순수 방출 광신호를 간단한 연산만으로 용이하게 검출할 수 있다.
- [277] 특히, 이상과 같이 분파를 통해 광을 서로 수직인 방향으로 분리하여 제공함으로써, 방출 광신호 대역의 광 신호를 투과시키는 투과필터와, 배경 신호 대역의 배경 신호를 투과시키는 투과필터의 사이에서의 신호 중첩이나 간섭을 최소화할 수 있어, 검출되는 광신호의 정확도가 보다 향상된다.
- [278] 또한, 상기 모듈 수납부의 일 측면을 따라서는, 서로 다른 각도를 형성하도록 복수의 투과필터들을 서로 이격되도록 배치할 수 있고, 이에 광을 제공하기 위한 스플릿터들도 서로 이격되도록 배치할 수 있으므로, 다양한 입사각 변화에 따라 다양한 투과 대역의 신호들을 검출할 수 있으므로, 배경 신호의 필터링을 보다 정확하게 구현할 수 있다.
- [279] 또한, 방출 광신호의 대역이나 배경 신호의 대역을 고려하여, 상기 투과필터들이 형성하는 경사각을 다양하게 설정할 수 있으므로, 다양한 공정의 특성에 부합하여 방출 광신호를 최적으로 검출할 수 있어, 공정 모니터링의 효율성과 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [280] 또한, 플라즈마가 사용되는 반도체나 디스플레이 제조 공정, 특히 고 종횡비(high aspect ratio) 및 저 개방비율(low open ratio)을 가지는 공정에서 방출되는 플라즈마 광에 대하여도, 높은 신호 대비 잡음비(SNR)를 구현하여, 공정의 종료시점을 보다 정확하게 감지할 수 있다. 특히, 기 설정된 대역의 신호를 투과시키는 투과필터들과 이에 정렬되어 해당 광을 검출하는 광 검출기들을 정렬하여 광 신호를 검출함으로써, 종래 기술과 같이 대면적 광 검출기를 사용함에 따른 센서 크기의 증가를 최소화하면서도, 검출 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [281] 이 경우, 플라즈마 광의 특성에 따라 투과필터들과 광 검출기들의 교체 및 장착이 가능하여, 다양한 플라즈마 사용 환경에 따른 최적 대역의 검출시스템의 구현이 가능하다. 또한, 투과필터들 사이를 소정 간격 이격시키며, 투과필터의 크기를 광 검출기의 크기보다 크게 하여, 투과필터와 광 검출기 사이의 정렬 오차로 인한 신호 간섭을 최소화할 수 있다.
- [282] 또한, 투과필터들의 전단에 광을 분광하는 스플릿터부가 위치함으로써, 특히 다수의 신호들을 모니터링함에 따라 야기되는 공간 분해능 저하의 문제를 해결할 수 있다.
- [283] 즉, 상기 스플릿터부를 통해 플라즈마 광원에서 발생된 광을 각 투과필터들로 입사되는 광으로 분광하여 상기 공간 분해능 저하의 문제를 해결할 수 있으며, 이 경우, 광의 분광으로 인한 신호 감소가 야기될 수는 있으나, 이는 상기 투과필

터들을 대면적으로 적용하며 각각이 특정 대역의 신호를 투과시키는 것으로 해결할 수 있다.

- [284] 또한, 상기 스플릿터부가 포함하는 스플릿터들을 다양하게 배열함으로써, 개별 과장 대역의 신호에 대하여 신호 대비 잡음비(SNR)를 다양하게 제어할 수 있다.
- [285] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 서로 이격되도록 배치되는 적어도 2개 이상의 광 검출기들을 포함하는 광 검출부;
상기 광 검출부의 상부에 배치되며, 적어도 2개 이상의 투과필터들을 포함하는 투과 필터부; 및
상기 광 검출부의 상부에 위치하며, 상기 투과 필터부가 실장되는 필터 홀더부를 포함하고,
상기 투과필터들 각각은, 상기 광 검출기들 각각의 상부에 서로 이격되도록 배치되고, 입사되는 광에 대하여 서로 다른 경사각으로 배치되는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 필터 홀더부의 상면은 상기 투과필터들 각각이 실장되도록 서로 다른 경사각으로 연장되는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 3] 제2항에 있어서, 상기 투과필터들 각각은,
상기 투과필터의 법선이 상기 입사되는 광에 대하여 예각을 형성하는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 4] 내부에 소정의 수납 공간을 형성하고, 제1 측면에 광이 입사되는 입사부가 형성되는 모듈 수납부;
상기 수납 공간상에 배치되며, 상기 입사되는 광을 분파하는 적어도 하나 이상의 스플릿터를 포함하는 스플릿터부;
상기 제1 측면에 마주하는 제2 측면, 및 상기 제1 측면에 인접하는 제3 측면에 각각 배치되는 광 검출기들을 포함하는 광 검출부; 및
상기 스플릿터와 상기 광 검출기의 사이에 배치되고, 각각은 상기 광 검출기에 대하여 서로 다른 경사각을 가지는 투과필터들을 포함하는 투과 필터부를 포함하는 광센서 모듈.
- [청구항 5] 제4항에 있어서, 상기 스플릿터 각각은,
상기 입사되는 광을 향하여 배치되는 입사면;
상기 제3 측면을 향하여 배치되는 제1 면; 및
상기 제2 측면을 향하여 배치되는 제2 면을 포함하는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 6] 제5항에 있어서, 상기 투과 필터부는,
상기 제3 측면에 평행하게 연장되며 배치되는 제1 투과필터; 및
상기 제2 측면에 대하여 소정 각도로 경사지도록 배치되는 제2 투과필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 7] 제5항에 있어서, 상기 스플릿터부는,
상기 광의 입사 방향을 따라 복수개로 배열되는 복수의 스플릿터들을 포함하는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.

- [청구항 8] 제7항에 있어서, 상기 투과 필터부는,
상기 제3 측면에 대하여 경사지도록 배치되는 복수의 제1 투과필터들; 및
상기 제2 측면에 대하여 평행하게 연장되며 배치되는 제2 투과필터를 포함하는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 제1 투과필터들 각각이 상기 제3 측면에 대하여 배치되는 경사각은 서로 다르며,
상기 제1 투과필터들 각각이 상기 제3 측면에 대하여 형성하는 경사각은 예각인 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 10] 제7항에 있어서, 상기 광 검출부는,
상기 스플릿터들의 개수와 동일한 개수로 상기 제3 측면 상에 서로 이격되도록 배치되는 복수의 제1 광 검출기들; 및
상기 스플릿터들의 개수와 무관하게 상기 제2 측면 상에 배치되는 하나의 제2 광 검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 11] 제1항 또는 제4항의 광센서 모듈을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서,
서로 다른 경사각을 가지는 투과필터들 중, 제1 경사각을 가지는 투과필터는 방출 광신호 대역의 방출 광신호를 투과시키고, 제2 경사각을 가지는 투과필터는 배경신호 대역의 배경신호를 투과시키며,
상기 방출 광신호 및 상기 배경신호를 바탕으로, 상기 배경신호가 제거된 순수 방출 광신호를 연산하는 신호 처리부를 포함하는 것을 특징으로 하는 공정 모니터링 시스템.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 방출 광신호 대역 및 상기 배경신호 대역에 따라, 상기 제1 경사각 및 상기 제2 경사각은 서로 가변되도록 설정되는 것을 특징으로 하는 공정 모니터링 시스템.
- [청구항 13] 내부에 소정의 수납 공간을 형성하고, 제1 측면에 광이 입사되는 입사부가 형성되는 모듈 수납부;
상기 수납 공간상에 배치되며, 상기 입사되는 광을 분파하는 적어도 하나 이상의 스플릿터를 포함하는 스플릿터부;
상기 광의 입사 방향에 수직인 방향으로 적어도 2개 이상이 배열되고, 각각은 기 설정된 서로 다른 대역(band)의 신호를 투과시키는 투과필터들을 포함하는 투과 필터부; 및
상기 투과필터들 각각과 정렬되도록 적어도 2개 이상이 배열되어, 상기 투과필터를 통과한 광을 검출하는 광 검출기들을 포함하는 광 검출부를 포함하는 광센서 모듈.
- [청구항 14] 제13항에 있어서,
상기 투과필터들 각각은 소정 간격으로 서로 이격되며,

- 상기 투과필터들 각각의 투과 반치폭(full width at half maximum, FWHM)은 10 nm 이하이며,
상기 투과필터들 각각의 크기는 상기 광 검출기들 각각의 크기보다 큰 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 15] 제13항에 있어서, 상기 스플릿터부는,
상기 입사되는 광을 제공받는 제1 스플릿터; 및
상기 제1 스플릿터로부터 분광된 광을 각각 제공받는 적어도 하나 이상의 추가 스플릿터를 포함하는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 16] 제15항에 있어서,
상기 제1 스플릿터는 상기 입사되는 광과 정렬되도록 상기 모듈 수납부의 일 측에 배치되며,
상기 추가 스플릿터는 상기 제1 스플릿터로부터 소정 거리 이격되며 상기 투과필터들의 배열 방향을 따라 배열되는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 17] 제16항에 있어서,
상기 제1 스플릿터로부터 상기 추가 스플릿터로 광이 분광되어 제공됨에 따라, 상기 투과필터들 각각으로 입사되는 광의 광량이 가변되는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 18] 제13항에 있어서,
상기 제1 스플릿터는 상기 입사되는 광과 정렬되도록 상기 모듈 수납부의 중앙에 배치되며,
상기 추가 스플릿터는 상기 제1 스플릿터와 상기 광의 입사 방향을 따라 서로 이격되도록 배열되며, 상기 광의 입사 방향에 수직인 방향으로 적어도 2개 이상이 배열되는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 19] 제18항에 있어서,
상기 추가 스플릿터는 상기 투과필터들 각각과 서로 정렬되도록 배열되고,
상기 추가 스플릿터로부터 상기 투과필터들 각각으로 입사되는 광의 광량은 일정하게 유지되는 것을 특징으로 하는 광센서 모듈.
- [청구항 20] 제13항의 광센서 모듈을 포함하는 공정 모니터링 시스템에서,
서로 다른 대역의 신호를 투과시키는 투과필터들 각각은, 방출 광신호 대역의 방출 광신호와 배경신호 대역의 배경신호를 투과시키며,
상기 방출 광신호 및 상기 배경신호를 바탕으로, 상기 배경신호가 제거된 순수 방출 광신호를 연산하는 신호 처리부를 포함하는 것을 특징으로 하는 공정 모니터링 시스템.