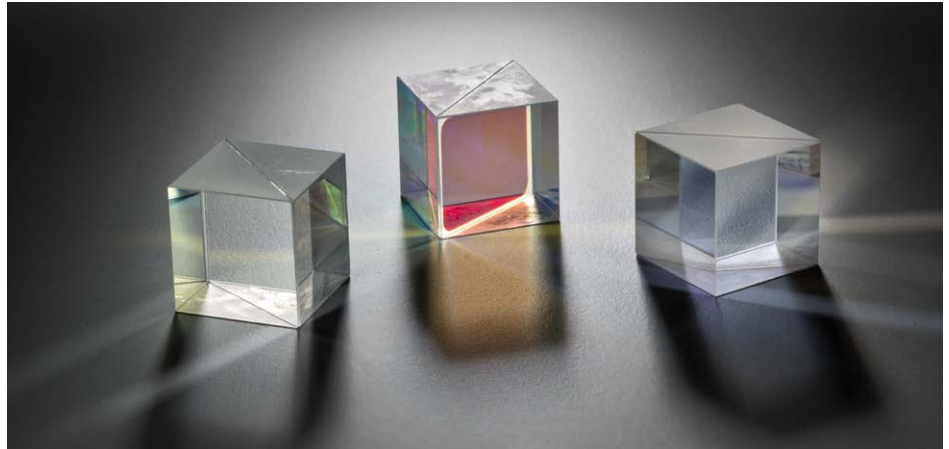


더 빠르고 정확한 큐브 빔 스플리터 특성 규명 방법

Agilent Cary 7000 범용 측정 분광 광도계(UMS) 사용



저자

Travis Burt & Chris Colley
Agilent Technologies
Mulgrave, Victoria, Australia

Hakchu Lee
Agilent Technologies, Inc.
Santa Clara, California, USA

개요

큐브 빔 스플리터(CBS)는 소비자, 하이테크 미세변위 장비, 광섬유 기반 통신 시스템에 다양하게 사용되는 중요한 광학 장치 부품입니다. 이 응용 자료에서는 현지 환경 및 무감독 자동화 조건에서 Agilent Cary 7000 범용 측정 분광 광도계(UMS)를 사용해 CBS 통과, 반사, 흡수를 측정하는 것을 설명합니다. 측정에서 얻은 스펙트럼 정보는 광학 엔지니어들에게 설계 단계에서 유용한 통찰을 제공하며, QC/QA 부서에는 최종 테스트 단계의 더 우수한 관리 기준을 제시합니다. 모든 정보는 높은 생산성으로 얻어지며, 일상적인 분석량 요건에 적합합니다.

서론

일반적으로 다이(die)보다 그다지 크지 않은(0.5~1인치, 12.7~25.4mm) CBS의 목적은 이름이 말해주듯, 빛을 반사된 빔과 투과된 빔의 2개 경로로 나누는 것입니다(그림 1).

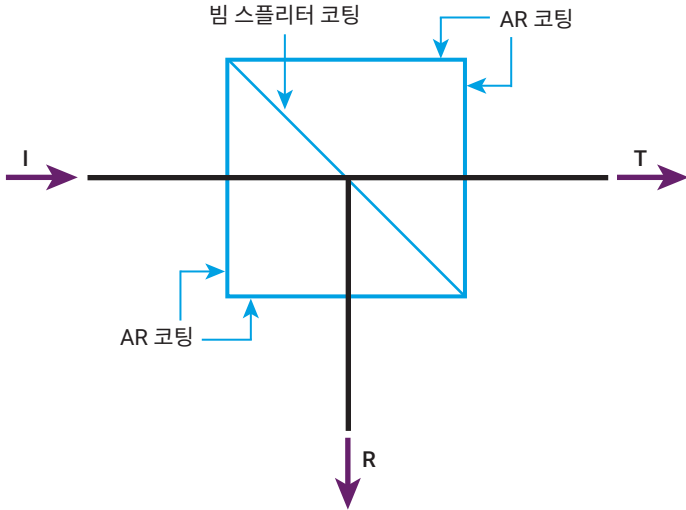


그림 1. 입사광(I)의 반사(R) 및 투과(T)를 보여주는 CBS의 평면도.

나누어진 빔은 이미지 복제, 색상 분리, 편광 상태 등에 사용될 수 있으며, 또는 레이저 응용에 사용될 경우에는 나노 포지셔닝 시스템을 위한 콤팩트한 간섭계를 생성할 수 있습니다. 이 모든 경우에 성공적인 CBS 설계, 적용, 품질 관리는 투과된 빔과 반사된 빔의 세부적인 스펙트럼 지식에 달려 있습니다. 유전체(광학) 코팅은 중심 빛변에 증착되며, 가끔은 표면 외부에도 증착되어 CBS의 파장과 편광 특성을 결정합니다. 측정의 어려운 점 중 하나는 내부 다층 코팅의 광학적 양상이 직접적 광학기계 환경, 예를 들어 두 반쪽을 결합하는 데 사용되는 결합제의 굴절률의 영향을 받는다는 것입니다. 2개의 프리즘 반쪽을 접착하기 전에 수행되어 완료된 큐브 어셈블리에 대해 서로 다른 결과를 렌더링하는 유전체 코팅의 현지 측정은 야외에서의 특성 규명만큼 필수적입니다.

Cary 7000 UMS는 시료 이동 및 입사 빔 이동 없이 동일 시스템에서 투과되고 반사된 빔의 스펙트럼 특성 규명을 가능케 합니다. 시료의 동일 위치에서 투과(T) 및 반사(R)를 현지에서 측정하는 것은 정확한 흡수율($A = 1 - T - R$) 데이터 계산을 가능케 하여, 기질과 코팅 특성에 대한 보다 우수한 정보를 제공합니다.

스펙트럼 내 총 손실을 분석할 때, 예전의 연구자들은 데이터 품질에 의구심을 불러일으킬 수 있는 인위적 요인을 보고했습니다. 보고된 인위적 요인에는 다음과 같은 것들이¹ 있습니다.

- T와 R이 측정되는 입사각(AOI)의 차이
- 필름 두께의 비균일성
- 박막 내 흡수와 방해 효과의 조합

이 응용 자료에서는 Cary 7000 UMS를 사용해 수집한 데이터를 제시합니다. T와 R은 모두 시료 이동 없이 측정되었으므로, AOI 변화 및 코팅 두께 비균일성의 요인은 해소되었습니다.

빔 스플리터 유형

큐브 빔 스플리터는 크게 최종 용도의 광학적 요건에 따라 나눌 수 있습니다. 여기에서는 각 유형별 스플리터의 광학적 성능 추동 원리를 설명하기 위해 간단한 개요를 제시합니다.

파장 범위는 예를 들어 전체 가시 광선 스펙트럼을 포함하는 광대역일 수도 있고, 632.8 HeNe 레이저와 같이 특정 레이저 라인만을 수용하는 협대역 수준일 수도 있습니다. 파장 범위는 빔 스플리터 코팅에 따라 통제되지만 기질 물질 또한 요구되는 파장 범위를 투과시켜야 합니다. BK7 유리는 가시 스펙트럼에 유용한 저비용 재료이지만 UV와 NIR 파장에서 강한 감쇠를 가집니다. 응용 실리카는 가격이 높으나 낮은 광학 손실 및 넓은 파장 범위를 가지고 있어, 고출력 레이저 응용에 적합하게 여겨집니다.

두 개의 반쪽을 결합하는 데 사용되는 방법은 최종 용도에서 중요한 고려 사항일 수 있습니다. 광학적 접착제는 높은 안정성(기계적)의 CBS를 생성하나 이러한 구조는 저출력 광학 응용에 더 적합합니다. Norland Optical Adhesive 61(NO A 61)이 이러한 광학적 접착제의 예입니다. 이는 투명하고, 색깔이 없는 액체 광폴리머로, 자외선에 노출되었을 때 경화됩니다. 한편 보다 고출력의 레이저 응용에서는 접착제의 사용을 피해야 하며, 대신 광학적 접촉법 또는 굴절률 일치 오일을 사용해야 합니다. 이와 같은 방식은 고출력 임계점을 갖추고 있으나 기계적 안정성이 떨어지기 때문에 적절한 취급 및 사용이 필요합니다.

CBS의 편광 특성은 일반적으로 레이저 기반의 간섭계 장치에 사용됩니다. 예를 들어 간섭계 나노 포지셔닝 시스템의 성능은 높은 T_p/T_s 비 및 이에 상응하는 높은 R_s/R_p 비를 갖춘 CBS에 대한 요건에 의해 부분적으로 결정됩니다. 이 응용 자료에서 측정된 CBS는 이러한 편광 빔 스플리터의 예이며, 그 양상은 그림 2에 도시된 바와 같습니다.

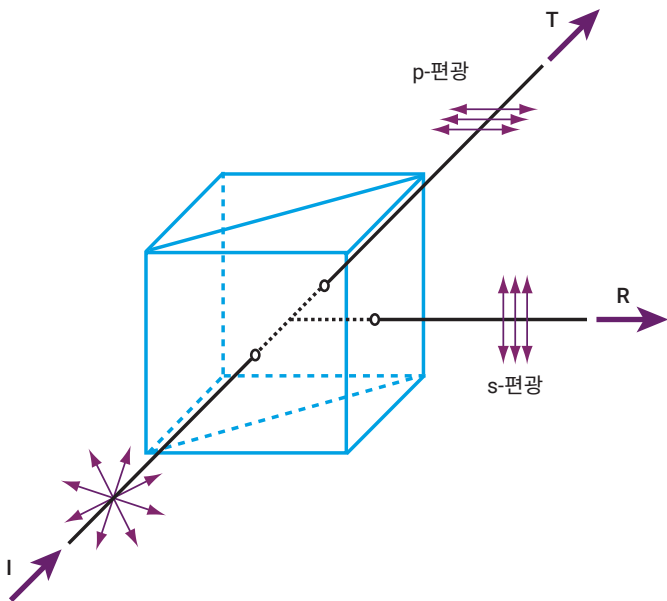


그림 2. 편광 CBS에 입사하는 빛의 반사 및 투과에 대한 3D 개요도.

실험

시료

CBS는 25mm 큐브 형태로, 특허를 받은 빔 스플리터 및 이산화티타늄과 이산화실리콘으로 만들어진 반사 방지 코팅을 갖추고 있습니다. 2개의 프리즘은 광학적 접촉체를 이용해 접착되었습니다.

기기

데이터는 고도로 자동화된 가변 각도 절대 정반사 및 투과 측정 시스템인 Cary 7000 UMS를 사용해 수집하였습니다. 작업자들은 Cary 7000 UMS를 사용해 시료의 입사각과 검출기의 위치를 개별적 기동적으로 제어할 수 있었으며, 검출기는 시료 주변을 자유롭게 회전하여 호형으로 이루어졌습니다. 시료 회전과 검출기 위치에 대한 개별적 통제가 가능했으므로 빠르고 정확한 무감독 CBS 측정이 가능하였습니다.

전통적으로 반사와 투과 측정은 다른 액세서리 부착물을 갖춘 분광 광도계를 이용해 수행했습니다. 현실적으로 이는 측정 모드 (액세서리) 사이 조명 빔 패치 크기 변화와 시료에서 조명 빔의 이동으로 인해 테스트 중인 시료의 다른 영역으로 이어질 수 있습니다.

만약 증착 절차로 인해 필름의 두께가 불균일해진다면, 반사와 투과 측정에도 영향이 있을 거라고 예상하는 것이 합리적입니다.

이제 Cary 7000 UMS의 개발과 더불어 시료 이동 없이 동일 시료 지점에서 T와 R을 측정할 수 있게 되었으므로, 결과에 영향을 미치는 인위적 요소 하나가 해결되었습니다. 또한 시료는 자동으로 180° 회전이 가능하므로 정방향으로든 역방향으로든 일정한 T와 R 측정이 가능합니다. 어떤 경우든 T와 R은 시료 이동 없이 동일 지점에서 측정할 수 있습니다.

이 연구에서는 Cary 7000 UMS를 사용하여 0° AOI에서 s-편광 및 p-편광 입사 광선에 대한 투과율 데이터를 수집했습니다. 반사율 데이터는 입사 광선이 90°일 경우에 수집하였으며, 투과율 데이터는 그림 3에 도시된 바와 같이 0°(직접)일 경우에 수집하였습니다. 시료는 큐브의 중심이 입사 빔의 초점에 있고, 시료와 검출기 모두의 회전축에 있도록 설치하였습니다. 시료에 조사되는 입사광의 콘 각도는 2°수직 조리개 및 수평 조리개에 의해 제한되었습니다.

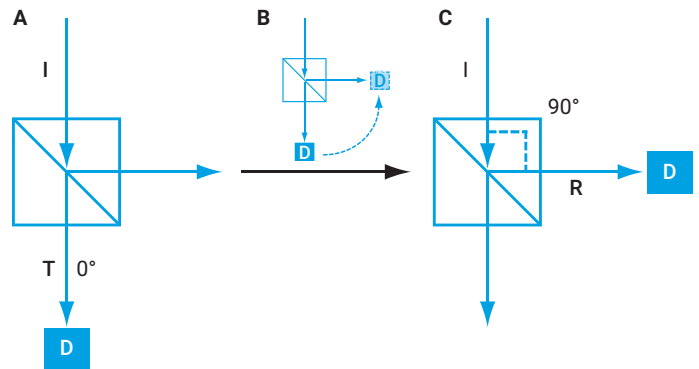


그림 3. (A) 투과 측정을 위한 CBS 시료 및 검출기(D) 방향. (B) 검출기가 반사 측정을 위해 입사면에서 샘플 주위를 회전합니다. (C) 검출기가 입사 빔 및 시료와 90° 됩니다. 주의: 시료는 이동하지 않습니다.

스펙트럼은 500~720nm에서 측정되었으며, 데이터 간격은 1nm, 스펙트럼 대역폭은 5nm, 스펙트럼 평균화 시간은 0.5초였습니다.

결과 및 토의

CBS는 632.8nm을 방출하는 헬륨 네온 레이저와 함께 사용 가능하도록 설계되었습니다. 이 파장에서 CBS는 이상적으로 100%의 p-편광 광선을 투과하며, 100%의 s-편광 광선을 반사합니다. 실제 현실에서는 편광 광선의 원하는 투과와 반사가 완벽하게 나타나지 않으므로, CBS의 실제 성능을 측정하는 것은 중요합니다.

그림 4A는 Cary 7000 UMS 시스템을 사용하여 측정한 s-편광 투과율 및 반사율 스펙트럼을 보여줍니다. 각 스펙트럼의 633nm 근방을 확대하여(그림 4B와 4C 참고), 633nm의 투과율과 반사율 값을 볼 수 있습니다. 633nm에서 s-편광 광선의 투과율은 0.04% T로, 이는 CBS의 사양인 <math><0.2\% T</math> 범위 이내로 나타났습니다. p-편광 스펙트럼은 그림 5에 도시되어 있습니다. 633nm에서 p-편광 광선의 투과율은 98.19%T로, 이는 사양인 $>98\% T$ 이내입니다.

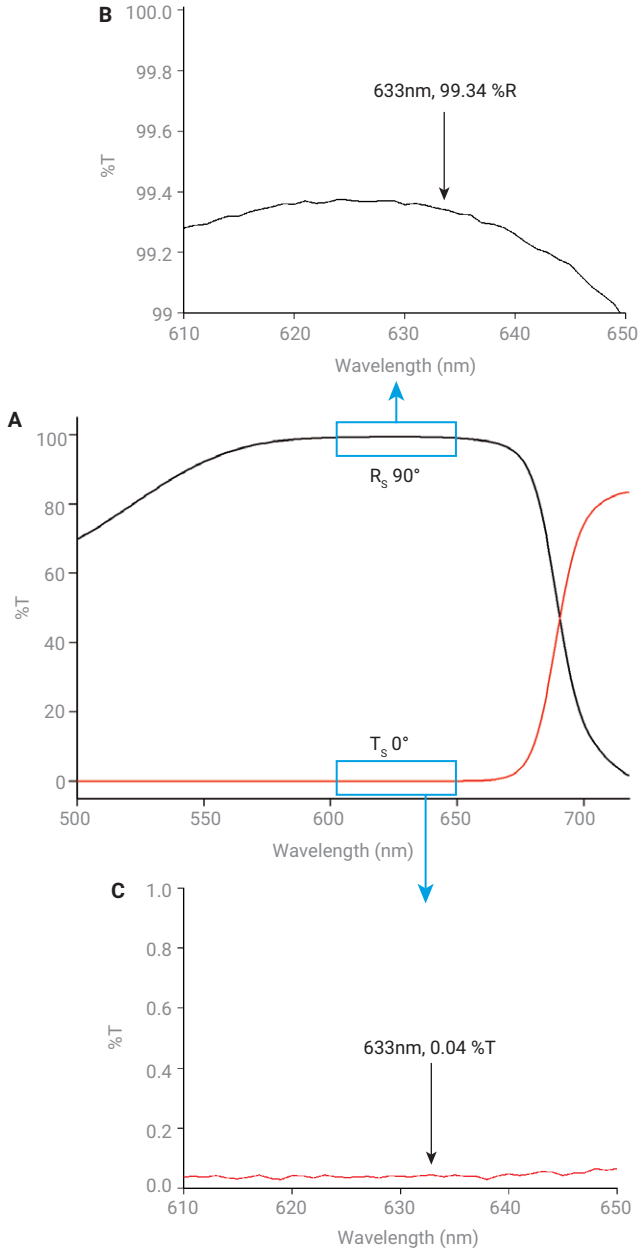


그림 4. (A) Agilent Cary 7000 UMS에서 CBS 시료에 대한 s-편광 광선의 투과 및 반사 스펙트럼. (B) 633nm 근방에서의 반사 스펙트럼 확대. (C) 633nm 근방에서의 투과 스펙트럼 확대.

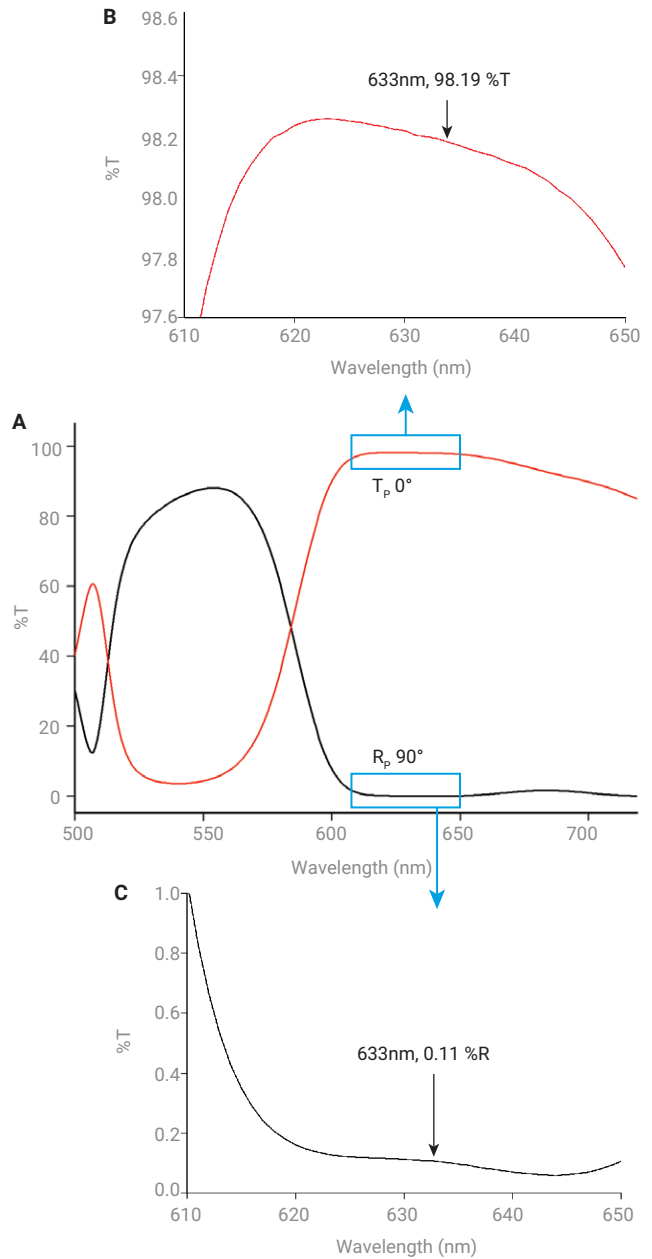


그림 5. (A) Agilent Cary 7000 UMS에서 CBS 시료에 대한 p-편광 광선의 투과 및 반사 스펙트럼. (B) 633nm 근방에서의 투과 스펙트럼 확대. (C) 633nm 근방에서의 반사 스펙트럼 확대.

투과율과 반사율은 시료 이동 없이 측정되었으므로, 일관성 있는 스펙트럼 데이터가 수집되었으며 이는 총 손실(예: 역반사, 내부 흡수 또는 산란) 결정에 유용합니다. 흡수율(A)에서 $A = 1 - T - R$ 이며, s 및 p 편광 광선은 그림 6에 도시되어 있습니다. 여기에는 이러한 손실과 관련된 광선의 스펙트럼 프로파일이 보여주고 있습니다.

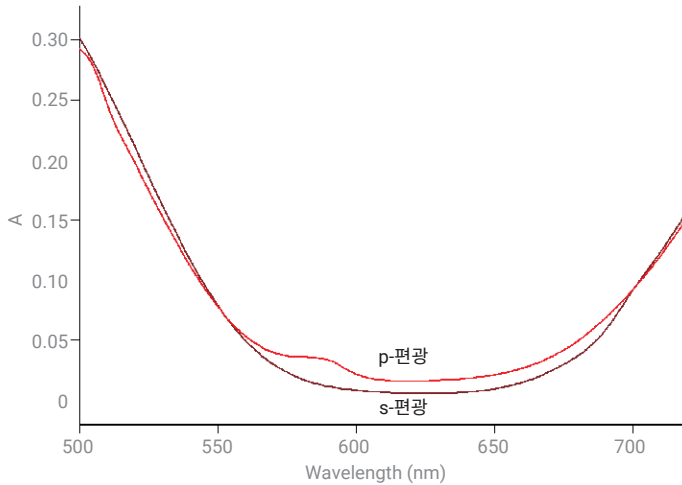


그림 6. s 및 p 편광에 대한 흡광 스펙트럼.

결론

Agilent Cary 7000 UMS는 큐브 빔 스플리터의 특성 규명에 유용한 도구임이 보여주었습니다. 이 시스템은 시료 회전 및 검출기 위치의 개별적인 자동 제어를 가능케 합니다. 시료 이동 없이 T와 R을 측정할 수 있도록 하는 기능은 시료에 조사되는 광선 입사각을 일정하게 유지하며, 또한 빔 스플리터의 흡수율에 대한 상세한 스펙트럼 정보를 제공합니다.

Cary 7000 UMS는 편리하고, 사용이 쉽고, 완전한 무감독 데이터 수집이 가능하므로, QA/QC 환경에 사용하기가 이상적입니다.

참고 문헌

1. Amotchkina, T. V. *et al.* Oscillations in Spectral Behavior of Total Losses ($1 - R - T$) in Thin Dielectric Films. *Optics Express* **2012**, 20(14), 16129–16144

www.agilent.com/chem/cary7000ums

DE28029956

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2013, 2022
2022년 12월 7일 한국에서 발행
5991-2522KO

한국에질런트테크놀로지스(주)
대한민국 서울특별시 서초구 강남대로 369,
A+ 에셋타워 9층, 06621
전화: 82-80-004-5090 (고객지원센터)
팩스: 82-2-3452-2451
이메일: korea-inquiry_lsca@agilent.com