

UV-Vis 스펙트럼 반사 및 투과 측정을 사용한 코팅 웨이퍼 맵핑

고체 자동 시료 주입기가 탑재된 Agilent Cary 7000 범용
측정 분광 광도계(UMS) 사용



저자

Travis Burt

Farinaz Haq

Agilent Technologies, Inc.

서론

스펙트럼 반사(R) 및 투과(T)는 재료 및 광학 코팅의 광학 특성을 분석하기 위한 기본적인 측정입니다. MPS(Multi-angle Photometric Spectroscopy)는 거의 수직부터 비스듬한 입사각(AOI)까지 다양한 각도(θ_i)에서 시료의 반사율 및/또는 투과율을 측정합니다. 애질런트가 MPS 분야에서 개발한 Cary 7000 Universal Measurement Spectrophotometer(UMS)는 측정 사이에 시료를 이동하지 않고 시료 표면의 동일한 지점에서 반사 및 투과 측정을 모두 수행합니다. 여러 액세서리 및 액세서리 교체 또는 재구성의 필요성을 줄여 전례 없는 데이터 품질을 보장하고 여러 분석 기술을 사용하여 단일 측정을 수행할 때 발생하는 시료 비균일성의 영향이나 스펙트럼 불일치를 방지합니다.

이 백서에서는 회전(ϕ) 및 방사형(z) 시료 위치 제어 기능이 있는 Agilent Cary 7000 UMS의 새로운 자동 시료 주입기 기능에 대해 설명합니다. 애질런트 고체 자동 시료 주입기를 사용하면 직경이 큰 단일 시료(최대 직경 8인치)를 사용자의 개입 없이 자동으로 맵핑할 수 있습니다. 2mm x 2mm 정방형 분해능으로 직경 4인치 사파이어 기판에 증착된 아연 주석 산화물(ZTO) 층에서 얻은 공간 분광 정보를 보여주는 예가 제시됩니다. 이 방법을 사용하면 기판의 직경 전체에 걸쳐 밴드 갭 에너지를 맵핑할 수 있습니다.

실험

기기

- Agilent Cary 7000 범용 측정 분광 광도계
- 애질런트 고체 자동 시료 주입기

Cary 7000 UMS는 UV-Vis-NIR 파장 범위 250~2,500nm에서 MPS 응용 분야에 적합하게 설계된 활용도 높은 새로운 시스템입니다. MPS는 거의 수직부터 비스듬한 입사각까지 넓은 각도 범위에 걸쳐 시료의 절대 반사율 및/또는 투과율을 측정합니다(1). Cary 7000 UMS는 $5^{\circ} \leq |\theta_i| \leq 85^{\circ}$ 의 입사각 범위와 단일 자동화 플랫폼에서 시료 표면의 동일한 패치에 대해 반사 및 투과 측정을 동시에 수행합니다. Cary 7000 UMS는 비경면 표면의 확산 반사율 측정과 반투명 재료의 확산 투과율 측정도 제공합니다. 자동 편광판을 추가하면 S, P 또는 사용자 지정 편광 각도에서 정확한 측정이 가능합니다.

Cary 7000 UMS의 액세서리 구성품인 Cary UMA(범용 측정 액세서리)는 기존 Cary 4000/5000/6000i UV-Vis-NIR 분광 광도계 사용자를 위한 업그레이드 옵션으로 제공됩니다.

고체 자동 시료 주입기는 Cary UMA용으로 특별히 설계된 독립 제어식 시료 홀더입니다. 그림 1a와 같이 Cary UMA 측정 챔버 내부에 장착할 수 있습니다. UMS에서 제공하는 AOI 제어(θ) 외에도 고체 자동 시료 주입기는 방사형(z) 및 입사 빔 축(l)을 중심으로 한 회전 방향(ϕ)의 두 가지 추가 자유도를 제공합니다. 다양한 시료 홀더를 사용하여 여러 개의 개별 시료(최대 직경 32 x 1) 또는 단일 대구경 시료(직경 8인치)를 장착할 수 있습니다. 그림 1b는 직경이 8인 시료 홀더를 보여줍니다. 자동 시료 주입기는 ZTO의 대규모 시료 특성화 연구에서 공간 맵핑 모드로 작동되었습니다. 맵핑 모드에서는 사용자가 지정한 시료 홀더 내의 지점에서 스펙트럼을 수집할 수 있습니다.



그림 1a. 고체 자동 시료 주입기가 설치된 Cary 7000 UMS 측정 챔버의 평면도.



그림 1b. 직경 8인치 시료 홀더의 이미지.

맵핑 분석

반도체의 광학적 또는 전자적 밴드 갭 특성은 센서(예: 검출기) 또는 이미터(예: LED)와 같은 최종 사용 장치에서 효율을 높이는 데 핵심적입니다. 반도체의 밴드 갭 에너지는 재료가 분말 형태² 일 때는 확산 반사 스펙트럼을 통해, 또는 투명 기판에 에피택시얼 반도체 층이 증착되는 경우에는 투과 스펙트럼을 통해 확인할 수 있습니다.

이 실험에서는 고체 자동 시료 주입기가 장착된 Cary 7000 UMS를 사용하여 투과 스펙트럼을 획득하는 식으로 3원계 금속 산화물로 코팅된 웨이퍼의 직경 전체에 걸쳐 밴드 갭 에너지를 맵핑했습니다. 투과 스펙트럼은 4nm 스펙트럼 대역 및 0.1s 신호 평균화 시간 조건에서 700nm(1.7eV) ~ 200nm(7.8eV) 범위로 수집했습니다. 그림 2b에 표시된 대로 웨이퍼 하단(-40mm)부터 상단(45mm)까지 5mm 간격으로 UV-Vis 스펙트럼 데이터를 수집했습니다.

시료

시료는 직경이 100mm(4인치)인 사파이어 기판에 두께 600μm로 증착된 점진적 아연 주석 산화물(ZTO) 층으로 구성되었습니다(그림 2a). 아연 및 주석 금속 타겟은 각각 약 14nm(140Å)의 코팅 층을 생성하는 고전력 임펄스 마그네트론 스퍼터링(HiPIMS) 및 직류 마그네트론 스퍼터링(DCMS)에 의해 웨이퍼의 반대쪽 끝에서 산소 분위기로 동시에 스퍼터링되었습니다. 에피택시얼 층은 그림 2b에 표시된 것처럼 웨이퍼 하단의 거의 순수한 주석에서 상단의 거의 순수한 아연까지 이어지는 점진적 ZTO 층을 형성했습니다.

ZnO는 실온에서 직접 밴드 갭이 ~3.4eV로 크며, 여기서 주석은 SnO₂로 3.6eV의 광학 밴드 갭을 가집니다(3). ZTO 비정질 상의 광학 밴드 갭은 ~2.8eV 정도로 낮은 것으로 보고되었으며(4), 이는 유기 광전지 및 플렉서블 디스플레이를 포함한 응용 분야에서 광범위하게 사용되지만 상대적으로 고가인 인듐 주석 산화물(ITO)을 대체할 수 있다는 점에서 관심을 끌고 있습니다.



그림 2a. Zn/Sn으로 코팅된 100mm(4인치) 직경의 사파이어 기판.

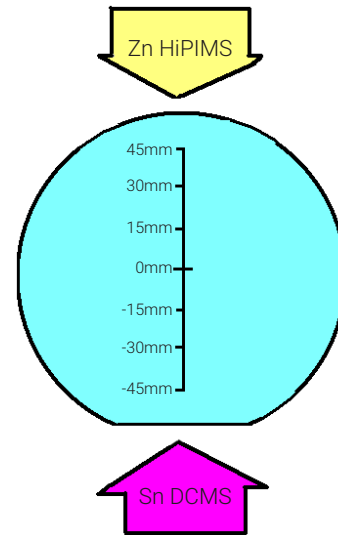


그림 2b. 증착 방향의 개략도 및 웨이퍼 방향에 대한 좌표계. 주석(Sn)은 DCMS로, 아연(Zn)은 HiPIMS로 증착했습니다. 스펙트럼 측정은 -40mm에서 45mm까지 5mm 간격으로 이루어졌습니다.

결과 및 토의

투과 스펙트럼

투과 스펙트럼은 웨이퍼 전체 직경에 걸쳐 하단에서 상단 위치까지 18개의 균일한 간격(~5mm)으로 수집되었습니다. 투과 스펙트럼의 흡수 엣지(그림 3a)는 Zn 농도가 가장 높은 웨이퍼 상단에서 더 낮은 주파수로 이동하는 것을 볼 수 있습니다. 밴드 갭은 eV에 대한 (흡수)²의 플롯에서 흡수 엣지를 통과하는 선형 맞춤을 0의 흡수까지 외삽하여 결정되었습니다. 0 Abs에서 eV의 절편을 밴드 갭 에너지로 취했습니다. 그림 3b는 웨이퍼 직경에 걸쳐 결정된 밴드 갭 에너지를 보여줍니다. 이러한 특성은 코팅 조건을 정밀하게 제어할 필요 없이 매우 특정하고 표적화된 밴드 갭 에너지를 얻으면서 웨이퍼에서 더 적은 시료를 추출하는 데 도움이 될 수 있습니다.

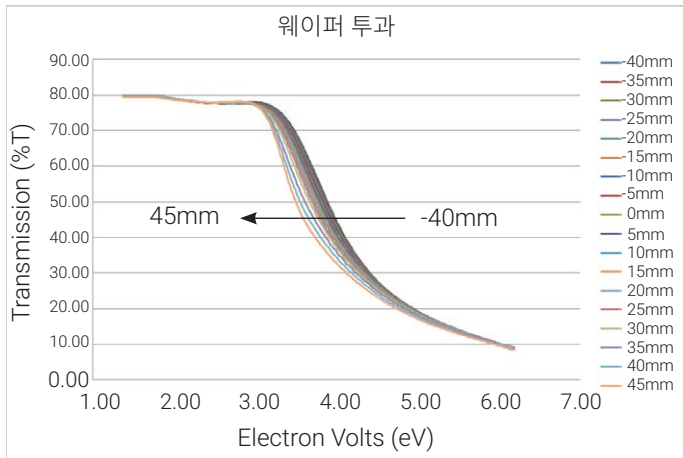


그림 3a. 5mm 단위로 전체 직경에 걸친 11개 위치에서 웨이퍼를 통해 얻은 투과 스펙트럼.

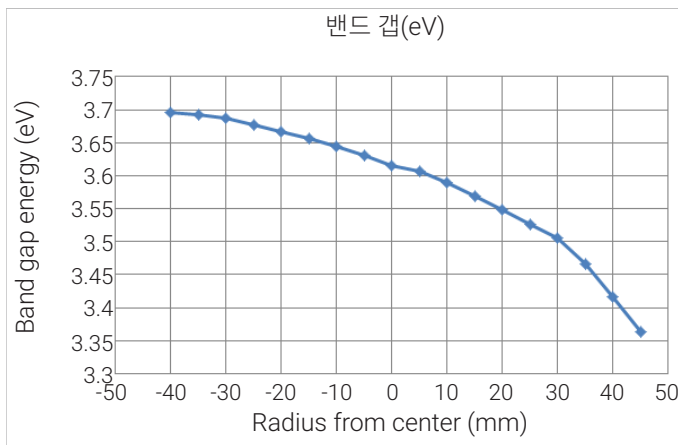


그림 3b. 밴드 갭은 에너지(eV)에 대한 (흡수)² 플롯에서 흡수 엣지를 0의 흡수로 외삽한 절편으로부터 결정했습니다.

결론

고체 자동 시료 주입기를 장착한 Agilent Cary 7000 UMS를 사용해 박막 기판의 대규모 시료 특성을 성공적으로 분석했습니다. 자동 시료 주입기는 ZTO 연구에서 공간 맵핑 모드로 작동되었습니다. ZTO 기판의 밴드 갭 에너지는 투과 스펙트럼 획득 중 전체 웨이퍼 직경에 걸쳐 맵핑되었습니다. 데이터는 약간의 변동을 보였습니다. 예를 들면 증착 공정의 결과 Zn 농도가 가장 높은 웨이퍼 상단에서 더 낮은 주파수가 관찰되었습니다.

인듐 주석 산화물(ITO)과 같은 비교적 고가의 기판에 대한 적절한 대체품을 찾고 있기 때문에 유사한 광학 밴드 갭 에너지를 가진 재료의 특성을 이 방법으로 분석할 수 있습니다.

Cary 7000 UMS 및 고체 자동 시료 주입기는 광범위한 산업 및 실험실 응용 분야에서 광학 재료, 코팅 및 부품의 특성을 분석하는데 귀중한 도구가 될 것으로 예상됩니다.

감사의 말

시료를 제공하고 데이터 해석을 지원한 RMIT 대학에 감사로 포함합니다.

참고 문헌

1. Death, D.L.; Francis, R.J.; Bricker, C.; Burt, T.; Colley, C. *The UMA: A new tool for Multi-angle Photometric Spectroscopy*. Optical Interference Coatings (OIC) OSA Topical Meeting, Canada. 2013.
2. Uchida, S.; Yamamoto, Y.; Fujishiro, Y.; Watanabe, A., Ito, O.; and Sato, T. Intercalation of titanium oxide in layered $H_2Ti_4O_9$ and $H_4Nb_6O_{17}$ and photocatalytic water cleavage with $H_2Ti_4O_9/(TiO_2, Pt)$ and $H_4Nb_6O_{17}/(TiO_2, Pt)$ nanocomposites *J. Chem. Soc.* **1997**, Farady Trans., 93, 17, 3229.
3. Batzill, M.; Diebold, U. Review: The surface and materials science of tin oxide *Progress in Surface Science*. **2005** 79, 47–154.
4. Madambi, K.; Jayaraj; Kachirayil J.; Saji; Nomura, K.; Kamiya, T.; Hosono, H. Optical and electrical properties of amorphous zinc tin oxide thin films examined for thin film transistor application. *J. Vac. Sci. Technol.* **2008**, B 26, 495.

www.agilent.com/chem

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2020
2020년 2월 17일, 한국에서 발행
5991-4072KO
DE.6134375

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