

제작조건에 따른 졸-겔 복합 실리카 박막의 광학적 성질 변화

정재완 · 이승걸 · 오범환 · 이일항

인하대학교 공과대학 전자재료공학과

(2000년 3월 21일 받음, 2000년 6월 24일 수정본 받음)

유기 금속화합물을 출발물질로 이용하는 졸-겔 방법으로 균열이 없는 유기-무기 복합 실리카 박막을 제작하였으며, 코팅방법, 조성비, prebake, postbake 온도 등의 제작조건에 따른 박막의 두께 및 굴절률의 변화를 체계적으로 조사하여 재현성 있는 제작조건을 확립하였다. 특히 광개시제를 첨가하였을 때 자외선 노광량에 따른 광학적 성질변화를 세 가지 광개시제에 대하여 측정, 비교하였다. 또한 졸-겔 박막으로 다중모드 간섭을 이용한 광 파워 분배기를 제작하여 광소자로의 응용 가능성을 살펴보았다.

OCIS codes : 310.6860, 240.0310, 310.0310.

I. 서 론

여러 가지 도파로 재료 중에서 실리카는 많은 주목을 받아 오고 있다. 이들은 Si가 주요 성분이므로 원재료가 풍부하고, 광섬유와 동일한 재질이므로 삽입 손실이 적고, 우수한 광학적 성질을 가진다. 또한 기존의 반도체 공정을 이용하여 소자를 제작할 수 있으므로 실리카를 이용한 다중모드 간섭기(Multimode Interference: MMI),^[1] 배열 도파로 격자(Arrayed Waveguide Grating: AWG),^[2] 광분배기(splitter) 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[3] 실리카 도파로를 제작하는 방법으로 플라즈마 증착법,^[4] 화염가수분해 증착(Flame Hydrolysis Deposition)^[5] 등이 주로 사용되어왔다. 이러한 방법들은 고품질의 막을 얻을 수 있는 장점이 있으나, 고가의 장비에 의존해야 하는 단점이 있고, 막을 증착하고 난 후 높은 온도로 소결하여야 하므로 응력에 의한 기계적, 광학적 문제점이 발생될 수 있다. 그러나 강유전체나^[6] 유기 발광소자^[7] 등의 연구에 광범위하게 응용되고 있는 졸-겔(sol-gel) 방법은 고가의 장비에 의존하지 않으며, 성분과 조성비에 따라 목적에 알맞은 박막을 용이하게 제조할 수 있어 연구목적의 광소자 제작과 최적화에 매우 유리한 방법으로 인식되고 있다.

졸-겔 방법은 제조비용이 낮고, 성분과 조성비의 조절이 용이하여 다양한 응용력을 가지고 있다. 이러한 졸-겔 방법은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째는 강유전체 박막을 제조하는데 많이 응용되는 기존의 졸-겔 방법이다. 이 방법은 금속 알콕사이드(alkoxide)를 출발물질(precursor)로 사용하여 비정질의 산화막을 얻기 위하여 보통 800°C 이상의 온도에서 소결하고, 대개 건식 식각 방법을 사용하여 소자를 제작한다. 그러나 이 방법은 다중코팅, 높은 소결 온도, 열팽창 계수의 차이로 인해 균열이 발생하는 단점이 있다. 두 번째 방법은 최근 캐나다의 Najafi 등에 의해 제안된 방법이다.^[8] 이 방법은 유기금속 화합물을 출발 물질로 사용하여 감광성의 유기-무기 복합의 실리카 유리박막을 제작하는 방법으로 균열이 없

는 두꺼운 막을 얻을 수 있고, 소결 온도가 200°C 미만으로 집적화 할 때 다른 소자에 대한 영향이 적으며, 광개시제(phothiniator)를 첨가하는 경우 막 자체가 감광성을 가지므로 포토레지스트(photoresist)의 도움 없이 direct writing을 하거나 포토마스크(photomask)로 패턴닝이 가능하다는 장점이 있다.

졸-겔 방법으로 광소자를 제작하기 위해서는 여러 가지 공정인자의 변화에 따른 박막의 광학적 특성 및 물리적 특성에 대하여 정확하게 알고 있어야 한다. 특히 직선 도파로나 방향성결합기 같은 단순한 소자보다 MMI, AWG 소자 등은 더욱 정확한 두께와 굴절률의 조절이 필요하다. 졸-겔 박막의 굴절률에 영향을 주는 요인으로는 화학적 조성, prebake 온도, 광개시제의 종류, 자외선에 의한 노광량, postbake 온도 등이 있다. 따라서 본 논문에서는 Najafi가 제안한 졸-겔 방법으로 유기-무기 복합 실리카 박막을 제작하여 화학적 조성에 따른 굴절률을 측정하였고, 특히 acrylate 그룹과 반응하는 세 가지의 광개시제를 첨가하여 자외선 노광량에 따른 굴절률 변화, prebake 온도에 따른 굴절률의 변화를 측정하였다. 또한 코팅 방법 및 속도에 따른 두께의 변화와 열처리후 막이 줄어드는 정도를 측정하여 제작조건을 확립하고 이 방법을 이용하여 광소자를 설계할 때 소자의 목적에 알맞은 조성의 비, 정확한 굴절률, 공정 후 얻을 수 있는 두께 등을 측정하여 정확한 소자의 설계와 제작에 활용하고자 하였다.

II. Fabrication

유기-무기 혼합의 실리카 졸-겔 용액을 만들기 위하여 Si를 주재료(host material)로 사용하였고, 굴절률을 조절하기 위하여 Zr을 부재료(guest material)로 사용하였다. 주재료는 유기물과 무기물로 결합된 Methacryloxypropyltrimethoxysilane (MAPTMS)을 출발물질로 사용하였다. MAPTMS의 분자식은 $H_2C=C(CH_3)CO_2(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$ 로서 Si와 산소의 결합과 methacryl group을 포함하는 organosilicon 리간드(ligands)로

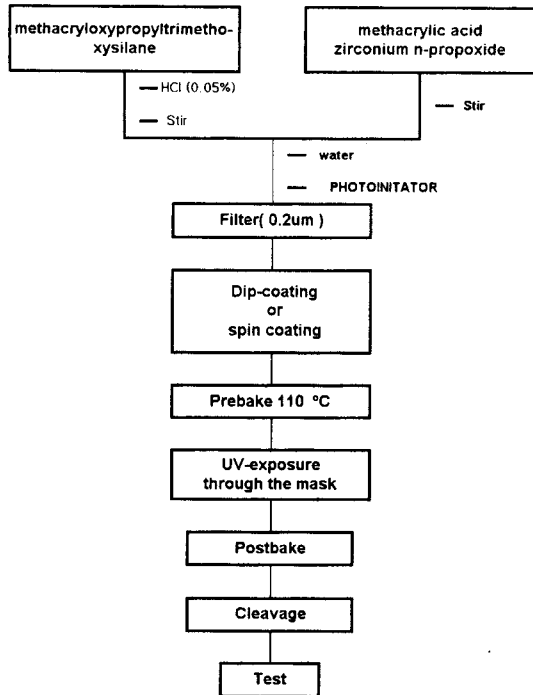


그림 1. 졸-겔 박막의 제작과정.

구성되어 있다. 또한 굴절률을 조절하기 위해 첨가하는 부재료인, Zr은 Zirconium propoxide(ZPO), $Zr(OC_3H_7)_4$ 를 사용하였다.

용액을 만드는 방법을 그림 1에 간략히 나타내었다. 먼저 MAPTMS를 부분 가수분해시킨다. 가수분해를 시키기 위하여 촉매로 염산을 사용하는데, 염산이 0.01 M이 함유된 증류수를 사용하였다. 적당한 용기에 MAPTMS과 물을 넣고 1시간 동안 자석 교반기로 교반한다. 다음은 굴절률을 높여주기 위한 물질인 ZPO를 혼합하는데, ZPO는 수분에 민감하고 가수분해 속도가 MAPTMS에 비하여 매우 빠르기 때문에 가수분해 속도를 낮추고 안정화시키기 위하여 ZPO와 Methacrylic acid(MAA)를 1:1의 몰비(molar ratio)로 혼합하여 약 30분간 교반한다. 그리고 두 용액을 조심스럽게 한 방울씩 혼합하고 가수분해가 완전히 이루어지도록 증류수를 넣어준다. 가수분해가 끝나고 나면 졸 용액은 응축과정이 시작되는데 일반적으로 그 경계가 분명하지는 않다. 이렇게 준비된 용액은 마지막으로 methacryl 그룹이 빛에 반응하여 교차결합(crosslink)이 일어나도록 하기 위하여 광개시제를 넣고 균일한 점성을 가질 수 있도록 15시간 정도 교반하고 숙성과정을 거치면 용액의 준비가 완료된다.

완성된 겔 용액은 자외선에 의하여 반응하거나 코팅할 때 주변환경으로부터 오염될 수 있으므로 청정실에서 코팅을 하였다. 박막을 코팅하기 전에 0.2 μm 의 필터를 이용하여 불순물을 제거하였다. Dip 코팅법과 회전 코팅법으로 박막을 코팅하였고, 기판으로는 굴절률이 1.4570(@0.6328 nm)인 fused silica를 사용하였다. Fused silica 기판은 유리 세정액에 담귀 초음파 세척을 하고 아세톤, 알코올, 증류수의 순서로 세척하였다. 굴절률을 측정하기 위하여 코팅된 막은 전기오븐에서 30

분간 건조(prebake)시키고 mask aligner(Karl Suss MJB3)로 자외선을 조사하였다. 이 때의 자외선의 세기는 약 12 mW/cm²이었다. 또한 직선 도파로나 광소자를 제작하기 위해서는 negative mask를 통하여 자외선을 조사하고, 현상은 알코올에 수초간 담귀 현상을 한다. 이때 자외선에 노출된 부분은 남아 있고 노출되지 않은 부분은 알코올에 용해된다. 현상이 끝난 후 제작된 도파로는 오븐에서 5시간 동안 건조(postbake)시킨 후 cleavage 과정을 거쳐 최종적으로 채널 도파로가 완성된다.

III. 공정조건과 박막두께

졸-겔 법으로 광소자를 제작하기 위하여 dip 코팅 방법과 회전 코팅방법을 적용하여 코팅 방법에 따른 박막 두께의 변화를 alpha-step을 사용하여 측정하였다. Dip 코팅은 별도로 제작한 장치를 이용하였으며, 제작된 장치는 모터와 직선 이송 장치를 조합하여 시료를 위, 아래로 움직일 수 있게 하였다. 일반적으로 dip 코팅은 대면적의 균일하고 두꺼운 박막을 얻을 수 있는 장점이 있으나 외부의 진동, 시료의 흔들림, 주변 환경에 많은 영향을 받을 수 있다. 따라서 코팅을 할 때 상당한 주의를 필요로 한다.

그림 2는 dip 코팅 장치를 이용하여 코팅하였을 때 시료를 끌어올리는 속도에 따른 두께의 변화를 나타낸 그래프이다. 기판을 끌어올리는 속도를 0.1 mm/sec에서 2.5 mm/sec까지 증가시키면서 코팅을 하고 전기오븐에서 건조를 하고 난 후 막의 두께는 평균적으로 1.95 μm 에서 9.45 μm 까지 측정되었다. 그리고 1회 코팅으로 균열이 없는 두꺼운 막을 얻을 수 있었고, 기판을 용액 속에서 끌어올리는 속도를 증가시키기에 따라 비례적으로 막의 두께도 증가하는 것을 알 수 있었다.

용액을 회전 코팅하기 위해서는 적당한 점도를 가져야 하므로 용액을 노말 프로판올에 희석하여 사용하였다. 이때, 용액이 희석되는 농도를 조절하면 코팅되는 막의 두께를 조절할 수 있다. 그림 3은 희석된 지르코늄 25 mol% 용액을 스핀 코팅법으로 코팅하여 두께를 측정한 결과를 나타낸 그래프로 회전수를 1000 rpm에서 4000 rpm까지 1000 rpm씩 증가시켜 4개의 시료를 코팅하였다. 그리고 코팅된 시료를 110°C에서 30

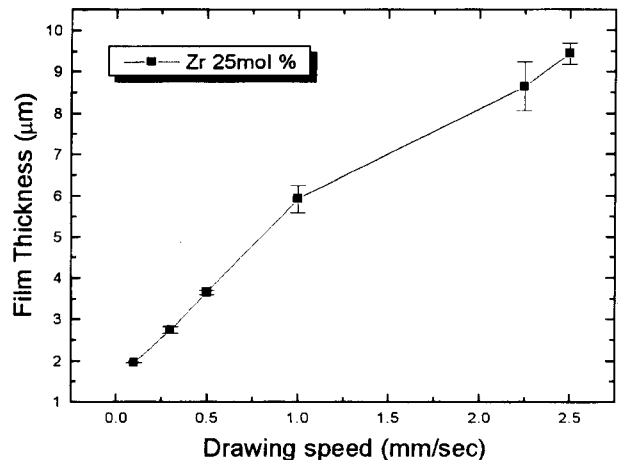


그림 2. Dip 코팅 속도에 따른 두께.

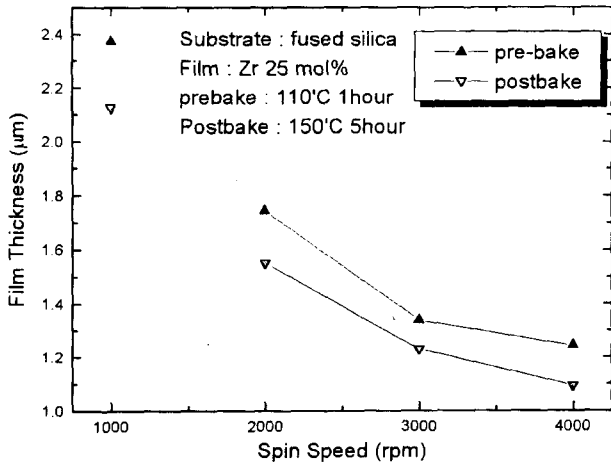


그림 3. 회전코팅 속도에 따른 두께.

분간 prebake를 한 후 두께를 측정하여 결과를 그림에서 삼각형으로 나타내었고, 다시 postbake를 5시간하고 난 후의 결과를 역삼각형으로 나타내었다. 최종적인 두께는 회전 속도에 따라 약 2.1 μm에서 1.0 μm까지 얻을 수 있었다. 그림에서 보듯이 마지막 건조 과정이 끝나면 박막의 두께가 약 0.2 μm~0.1 μm 정도 줄어드는 것이 관찰되었다. 이러한 현상은 겔 박막의 응축과정 중에 내부에 남아 있는 용매가 휘발되어 생기는 현상으로, 같은 실험을 반복하여도 회전수에 대하여 일정한 값을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 적절한 코팅 방법과 속도를 선택하면 원하는 도파로의 두께를 정확히 재현할 수 있다.

한편 postbake 과정이 진행되는 동안 박막의 두께 감소를 알아보기 위하여 지르코늄 15 mol% 용액을 1000 rpm으로 코팅하여 prebake를 110°C에서 30분간 수행하고 15분간 자외선으로 노광을 한 후 1시간 간격으로 총 5시간 동안 postbake에 따른 두께의 변화를 관찰하여 그림 4에 나타내었다. postbake가 시작된 후 처음 1시간 동안은 두께가 급격히 감소하지만 점차적으로 감소하는 폭이 줄어들어 가는 것을 볼 수 있었고, 결국 5시간이 지난 후에는 더 이상 줄어들지 않았다. 이러한 사실로 미루어 볼 때 postbake를 수행하는 시간이 5시간

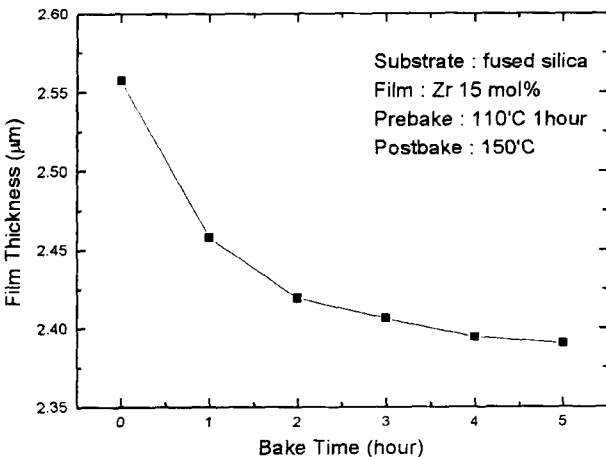


그림 4. Postbake 시간에 따른 두께의 감소.

이 지나야 모든 잔류 용매들이 휘발되어 응축과정이 끝나는 것을 알 수 있다.

IV. 공정조건과 굴절률

일반적으로 서로 다른 성분들로 구성되어 있는 비정질 박막의 굴절률은 각기 다른 분자들의 분자 굴절률(molecular refractive index)의 합으로 나타내어진다. 특히 본 논문에서 준비한 졸-겔 용액은 methacryl 그룹이 포함된 MAPTMS와 ZPO를 사용하였기 때문에 굴절률의 변화는 methacryl 그룹을 구성하는 성분들의 화학적 결합의 성질에 의존하고, 또한 Si-O, Zr-O 같은 성분들의 농도에 의존한다. 그리고 광개시제를 첨가하게 되면 굴절률의 변화과정이 다소 복잡하게 되는데, 우선 어떤 종류의 개시제를 선택하느냐에 따라 그것의 화학적인 구조에 의하여 박막의 굴절률이 달라지게 되고, 또한 열에 의한 응축(condensation)과정과 광개시제에 의하여 acrylate 계가 빛에 의한 중합(polymerization)반응이 일어나게 되고 이것으로 인하여 굴절률의 변화도 야기된다.^[9] 따라서 이 졸-겔 박막의 굴절률의 변화를 지르코늄의 농도, 광개시제에 종류, 자외선의 노광량, prebake 온도에 따라 측정하였다.

지르코늄의 농도에 따른 굴절률의 변화를 프리즘 커플러 (Metricon 2010, 분해능: ±0.0005, 정확도: ±0.001)로 측정하여 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 이 프리즘 커플러는 도파로보다 높은 굴절률을 갖는 프리즘을 이용하여 도파로에 빛을 입사시키는 장치로 도파로 내부로 진행하는 도파모드의 유효 굴절률을 측정하여 도파로의 굴절률과 두께를 측정하는 장치이다. 졸-겔 용액의 지르코늄 농도를 5 mol%부터 25 mol%까지 5 mol%씩 증가시켜 모두 5가지의 용액을 그림 1에 나타난 순서대로 준비하였다. 그리고 준비된 용액을 각각 fused silica에 회전 코팅하고 prebake를 110°C에서 30분간 수행하였다 그리고 자외선을 10분 조사하였고, postbake를 150°C에서 5시간 동안 수행하여 박막을 완성하였다. 이 시료들의 굴절률은 각각의 조성에 대하여 1.496, 1.501, 1.506, 1.510, 1.516으로 측정되었다. 이 결과로 Zr의 농도가 커질수록 박막의 굴절률이 증가하는 것을 볼 수 있고, 이것은 박막을 구성하는

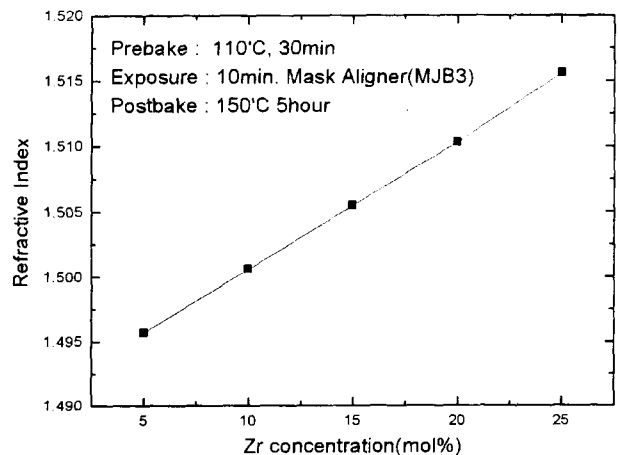


그림 5. Zr 조성에 따른 굴절률 변화.

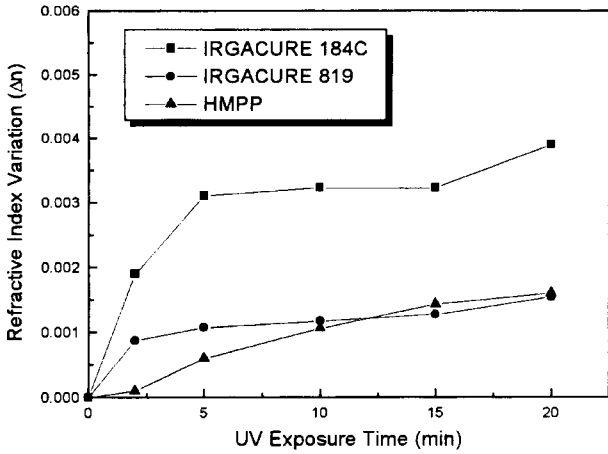


그림 6. 광개시제의 종류와 자외선 노광량에 따른 굴절률 변화.

성분중 Zr-O 결합이 증가하여 굴절률이 증가하는 것이다. 그림 6은 광개시제의 종류와 자외선 노광량에 따른 굴절률의 변화를 나타낸 그래프이다. 광개시제는 젤 박막이 빛에 의한 중합반응을 일으키도록 하는 물질로 그 종류에 따라 박막의 제작공정과 박막의 굴절률에 많은 영향을 준다. 실험에 사용한 광개시제는 1-hydroxycyclohexylphenylketone(Irgacure184C), hydroxymethylpropiophenone(HMPP), Bis(2,4,6-trimethylbenzoyl) phenylphosphineoxide(Irgacure 819) 세 가지이다. 이것을 지르코늄이 20 mol%인 용액에 각각 4 mol%씩 첨가하고, 숙성 과정을 거쳐 용액을 준비한다. 그리고 fused silica 기판에 회전코팅하고, 전기오븐에서 prebake를 60°C에서 30분간하고 난 후 자외선을 2분 5분 10분 15분 20분씩 각각 노광하였다. 그리고 postbake를 150°C 1시간 동안 수행하고 프리즘 커플러로 굴절률을 측정하였다. 그림에서 보듯이 Irgacure 184C가 HMPP나 Irgacure 819 보다 노출시간에 대한 굴절률의 변화가 큰 것으로 나타났다. 그리고 자외선에 일정시간 이상 노출되면 굴절률이 증가하는 정도가 현저히 줄어들어 포화되는 경향을 보이고 있다. 이것은 광개시제가 자외선에 반응하여 용액속의 mathacrylate 계와 반응하여 교차결합을 하게 되는데 충분한 에너지를 받으면 더 이상 반응이 계속되지 않아 굴절

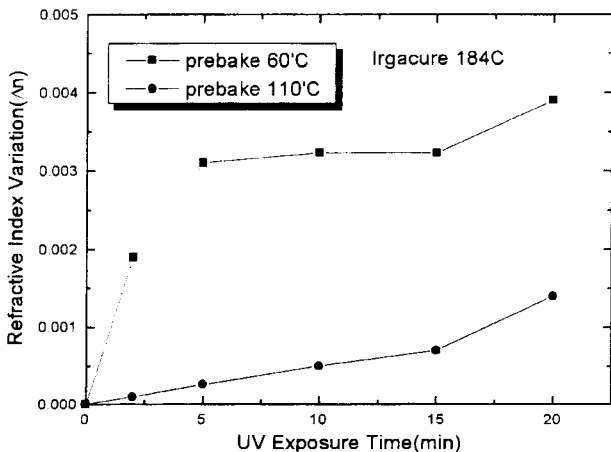


그림 7. Prebake 온도에 따른 굴절률의 변화.

률의 증가가 멈추게 되는 것이다. 그리고 Zr의 농도가 20 mol%인 박막에 화학적 구조가 다소 복잡한 Irgacure 819가 첨가된 경우는 굴절률이 약 1.515로 가장 높게 나타나고, 상대적으로 간단한 구조를 갖는 Irgacure 184C를 첨가한 것이 1.511, HMPP를 첨가한 것이 1.509로 측정되었다.

Najafi가 제안한 방법으로 준비한 졸-겔 용액에 광개시제를 첨가하면 앞에서 언급하였던 바와 같이 이 겔 용액을 박막으로 코팅하였을 때 일어나는 굴절률의 변화는 응축과정과 중합반응 두 가지의 의한 것이 가장 주된 요인이다. 따라서 prebake 온도와 시간, 자외선의 노광량과 함께 굴절률의 변화에 매우 중요한 요소이다. Prebake 온도가 낮으면 열에 의한 응축반응보다 자외선 노광에 의한 광중합반응이 많이 일어나게 되어 굴절률의 변화가 커지게 되고 반대로 prebake 온도가 높으면 열에 의한 응축반응이 활발히 일어나 노광에 의한 굴절률의 변화 폭이 작아지게 된다. 이와 같은 결과가 그림 7에서 잘 볼 수 있다.

V. 다중모드 간섭기의 제작

마지막으로 본 논문에서 준비한 졸-겔 방법으로 다중모드간섭 파워 분배기를 제작하였다. 지금까지 실험하고 측정된 결과들을 바탕으로 Zr 15 mol% 용액과 fused silica를 기판으로 준비하였다. 공정조건은 prebake 110°C에서 30분, 마스크 aligner를 이용하여 15분간 노광, postbake 150°C 5시간으로 하였다. 단, 박막이 네가티브의 성질을 가지므로 네가티브 마스크를 준비하였고, 노광이 끝나면 알코올에 수초간 현상을 하는데, 이때 빛에 노출된 부분은 용해되지 않고 나머지는 알코올에 용해된다. 이렇게 완성된 다중모드간섭 소자의 굴절률은 기판이 1.457이고 도파로 영역이 1.506이다. 광 도파로 소자의 성능을 평가하기 위해서는 광섬유나 대물렌즈를 이용하여 빛을 단면으로 입사시키게 되므로 매우 깨끗한 도파로 단면이 요구된다. 일반적으로 Si, GaAs, InP 등의 웨이퍼는 잘 쪼개지는 성질을 갖고 있으므로 간단하게 깨끗한 단면을 얻을 수 있으나, 실험에서 사용한 fused silica는 두께가 1 mm로 두꺼운 편이고, 일반 웨이퍼처럼 쉽게 쪼개지지 않는다. 그러므로

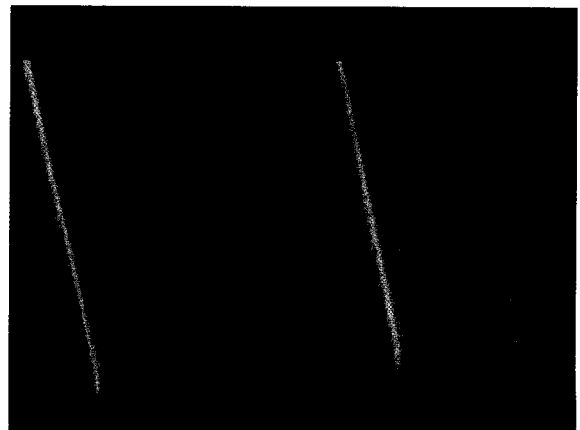


그림 8. 도파로의 단면/side wall.

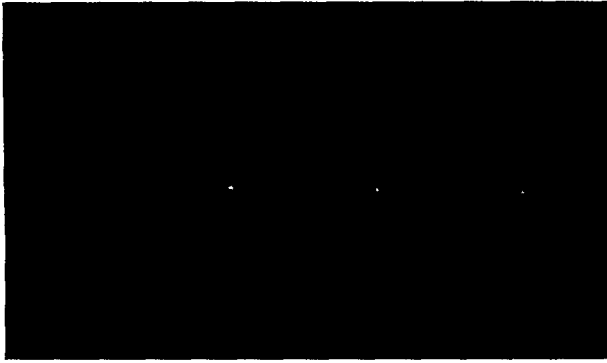


그림 9. 1x4 MMI 광분배기의 근접장 모양.

본 실험에서는 먼저 자르고자 하는 도파로 기판의 뒷면을 약 0.3 mm 정도의 두께만 남기고 dicing saw로 잘라낸 다음 쪼개면 쉽게 깨끗한 단면을 얻을 수 있다. 이와 같은 방법은 유리뿐만 아니라 웨이퍼 등에 적용하여도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 그림 8은 위와 같은 방법으로 제작한 다중모드 간섭 소자자의 SEM 사진으로 입력 도파로 부분의 모습이다. 도파로 측면(side wall)의 하단 부분은 약 0.1 μm 정도의 거칠기를 가지고 있으나, 도파로 상부표면은 매우 우수한 것을 볼 수 있다. 또한 광섬유와 입/출력 결합을 위해 쪼갠 도파로 단면이 매우 깨끗한 것을 관찰할 수 있다.

그림 9는 다중 모드 간섭을 이용한 광 파워분배기의 근접장(near field)의 모습이다. 제작된 1x4 다중모드간섭 파워 분배기는 He-Ne 레이저의 파장(λ=0.6328 μm)을 기준으로, 입력과 출력도파로 폭을 각각 3 μm로 하였고, 박막의 두께는 2 μm, 다중 모드 간섭영역의 길이와 폭은 각각 775.5 μm, 36 μm로 설계하였다.

VI. 결 론

Najafi가 제안한 졸-겔 방법으로 유기물 무기물 복합 실리카 박막을 제작하였다 이 방법은 TEOS 등을 사용하는 방법에 비하여 한번의 코팅으로 균열이 없는 두꺼운 막을 얻을 수 있었다. 그리고 Zr의 조성비를 5 mol%부터 25 mol%까지 5 mol%씩 증가시켜 측정된 굴절률이 각각 1.496, 1.501, 1.506, 1.510, 1.516으로 측정되어 막을 구성하는 성분중에 Zr-O의 결합이 풍부할수록 굴절률이 증가하는 것을 확인하였다. 또한 세 가지 광개시제 Irgacure 184C, Irgacure 819, HMPP를 첨가하여 노광량에 따른 굴절률의 변화를 측정한 결과 각각의 Δn이 ~0.004, 0.001, 0.001로 확인되었다. 그리고 prebake에 따른 굴절률의 변화는 온도를 60°C와 110°C에서 각각 30분씩 했을 때 Δn이 각각 ~0.004, ~0.001로 측정되었다. 또한 여러 가지 측정된 굴절률과 두께, 확인된 공정조건을 바탕으로 1x4 다중모드 간섭을 이용한 파워 분배기를 제작하였다. 이때의 도파로의 굴절률은 1.506(λ=0.6328 μm), 입력과 출력도파로 폭을 각각 3 μm로 하였고, 박막의 두께는 2 μm, 다중 모드 간섭영역의 길이와 폭은 각각 775.5 μm, 36 μm로 설계하였다. 다중모드 간섭소자를 제작하기 위한 조건은 표 1에 나타나 있

표 1. 1x4 MMI 광 분배기의 제작조건

공정	조건
조성비	Zr 15 mol%
굴절률	1.506
광개시제	Irgacure 184 4 mol%
회전속도	2500 rpm
prebake	110°C 30 min.
exposure	12 mW/cm ² 15 min.
postbake	150°C 5 hour

다. 제작된 소자는 SEM 사진을 통하여 우수한 도파로 표면을 볼 수 있었고 cleavage 과정을 거친 도파로 단면이 깨끗한 것을 볼 수 있었다.

본 논문에서 준비한 졸-겔 용액은 여러 가지 공정변수에 의해 박막의 광학적 성질 변화가 유발되며, 광개시제는 화학적 성질이 서로 다르기 때문에 도파로의 구조나 광학적인 특성에 변화를 주는 정도가 서로 달라 매우 엄격한 공정의 관리가 필요하다. 따라서 제작할 소자의 특성에 따라 공정조건을 적절히 선택해야 한다.

현재 이 졸-겔 방법을 MMI, AWG, Fiber Bragg Grating (FBG) 등 WDM 소자를 제작하는데 응용하기 위하여 연구하고 있으며 약간 불만족스러운 도파로의 옆면의 거칠기를 개선하고자 연구하고 있다.

감사의글

본 연구는 정보통신분야 우수학교 지원사업과 한국과학재단 특정기초연구(Grant No. 1999-2-302-012-5)지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Q. Lai, M. Bachmann, and H. Melchior, Electronics Letters **33**, 20 (1997).
- [2] O. Katsunari and K. Masao, Proceedings of the Wavelength Division Multiplexing 33-49 (1999).
- [3] H. Uetsuka, T. Hakuta, H. Okano, N. Taketani, and T. Terakawa, IEICE Transactions on Electronics, Vol. E80-C No. 1 (1997).
- [4] Hyung Jong Lee, Yong Tae Lee, Sun Hyun Youn, and Tae Ki Sim, Proceedings of the 17th Congress of the International Commission for Optics (1996).
- [5] Yong Tae Lee, Young Yun Chun, and Hyung Jong Lee, Proceedings of the 17th Congress of the International Commission for Optics (1996).
- [6] C. J. Brinker and G. W. Scherer, Sol-gel Science Academic Press (1990).
- [7] W. P. Chang and W. T. Whang, Polymer, Vol. 37, No. 19 (1996).
- [8] P. Coudray, J. Chisham, M. P. Andrews, and S. I. Najafi, Opt. Eng. Vol. 36(4), 1234-1240 (1997).
- [9] X. M. Du, T. Touam, L. Degchi, J. L. Guigault, M. P. Andrews, and S. I. Najafi, Opt. Eng. Vol.37(4), 1101-1104 (1998).

The influence of preparation condition on optical property of sol-gel derived hybrid organic-inorganic silica glass thin films

Jaewan Jeong, Seung Gol Lee, Beom-hoan O and El-hang Lee

School of Electrical & Computer Engineering, Inha University Incheon, 402-751, Korea

(Received March 21, 2000, Revised manuscript received June 24, 2000)

We report that the crack-free organic-inorganic hybrid silica thin films were fabricated by sol-gel process using organometallic compounds as a precursor and that we have established very reproducible fabrication condition with systematic investigation of thickness and refractive index variations for various control parameters, such as, coating type, coating speed, chemical composition, prebake and postbake temperature. Additionally, we measured and compared the change of optical property with the UV exposure dose for three different kinds of photoinitiators. Furthermore, the fabrication of 1×4 MMI optical power splitter using the sol-gel thin film provides the possibility of various applications to the optical waveguide devices.

OCIS codes : 310.6860, 240.0310, 310.0310.