

홀로-리소그래피를 이용한 칼코게나이드 박막으로의 Ag 포토도핑의 기판 의존성

여중빈, 윤상돈, 이현용
전남대학교

The study of substrate dependence character for Ag photo-doping to chalcogenide thin film by holographic lithography

Jong-Bin Yeo, Sang-Don Yun, Hyun-Yong Lee
Chonnam National Univ

Abstract : 본 논문에서는 칼코게나이드 박막의 Ag 포토 도핑시 기판의 변화에 따른 Ag 이온의 도핑 특성을 예측하고자 하였다. 도핑 특성은 Ag 이온의 도핑으로 인한 굴절률 변화를 이용하여 진폭형 회절격자 효율을 측정하여 확인하였다. 시료는 5N의 순도를 갖는 Ge, Se, Ag 물질을 준비하였고, 이중 GeSe 를 조성의 비에 맞추어서 석영관에 진공 봉입후 용융 혼합하고 급냉하여 비정질 벌크를 제작한다. 만들어진 비정질 벌크와 Ag 를 열 증착법을 이용하여 기판에 올리는 방법으로 샘플을 제작한다. 제작된 샘플에 레이저와 몇몇 광학 소자로 구성된 홀로-리소그래피 장치를 이용하여 격자구조로 442nm 의 빛을 조사 시킨다. 결론으로는 기판은 칼코게나이드 박막에의 Ag 도핑에 영향을 미친다는 것을 확인하였다.

Key Words : 포토도핑, 칼코게나이드, 홀로-리소그래피

1. 서 론

최근 광학 연구 분야에서 광자결정(PCs)은 포토닉 밴드갭(PBGs)등의 특수하면서 우수한 광학 특성으로써 많은 연구가 되고 있다. PBGs 범위 내의 주파수를 갖는 전자기파 (혹은 광파)의 전파를 금지시키는 특징을 갖는 PCs는 광전자 공학과 광 통신등과 같은 많은 응용분야에 사용될 것이라 예상된다. 이러한 PCs의 형태학적 특징은 서로 다른 물질의 주기적인 배열이다. 주기적인 배열을 만드는 간단하면서 쉬운 방법 중의 하나가 홀로그래피 현상을 이용한 홀로-리소그래피(HL) 방법이다. 두개의 코히런트한 평행 빛의 간섭을 이용하는 HL방법은 resists의 주기적 격자를 형성하는데 활용된다. 그러나 resists에 옮겨지는 간섭 프린지의 세기가 공간적인 가우시안 분포를 가지며 이 결과로 생기는 격자의 형태는 step 형태가 아닌 graded 형태로 나타난다. 이는 전통적인 resists로 형성된 홀로그래픽 격자는 광자결정의 구조에 적절치 못함을 나타낸다.

이를 해결하기 위한 α -GeSe등의 칼코게 나이드 박막은 광축화, 광굴절, 광편광, 광결정화, photodoping과 같은 많은 광유기 효과를 보여준다. 포토도핑 현상으로 광학적 밴드갭(E_{op}) 이상의 빛을 조사하면 금속성 포지티브 이온종 (Ag, Cu, In)에서 칼코게나이드로의 빠른 확산과 분해를 야기한다. 소멸간섭으로 빛이 조사되지 않은 칼코게나이드 부분으로의 이동은 일반적으로 매우 적다. Ag 포토도핑은 칼코게나이드의 구조적 변화와 에칭 용해도의 변

화를 야기시킨다. 특히 이러한 Ag 포토도핑에서 패턴의 중심영역보다 모서리 부분에 더 집중되어지는 현상 (edge-sharpening effect)으로 홀로-리소그래피 방법은 step 형태의 광자결정 구조 제작에 효과적으로 사용되어 질 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 α -GeSe 박막으로의 Ag 포토도핑 매커니즘을 규명하기 위한 조사를 하였다. 주기적 패턴은 Ag 포토도핑에 기초한 홀로-리소그래피 방법에 의해 제조 되었다. 또한 Ag 포토 도핑의 대비(contrast)는 반사형 회절 효율을 측정하여 확인하였다.

2. 실험

2.1 시편 제작

우선 p-type Si wafer와 slide glass를 중성세제, 아세톤, IPA, 에탄올, DI-water 순으로 각 10분씩 3 사이클로 초음파 세척한다. α -GeSe 벌크의 제작은 잘 세정된 석영관에 $Ge_{25}Se_{75}$ 의 비에 맞추어 Ge와 Se를 측량하여 넣고 진공 봉입한다. 이렇게 봉입된 석영관을 30°C에서 2시간, 1100°C에서 24시간 동안 수평 회전 시킨후 차가운 물에 넣어 급냉시킨다. 제작된 α -GeSe와 Ag는 세척된 p-type Si wafer와 slide glass 위에 열 증착 방법을 사용하여 200nm 와 20 nm 로 성막한다.

그림 1은 준비된 시편의 단면 개략도를 나타낸 그림이다.

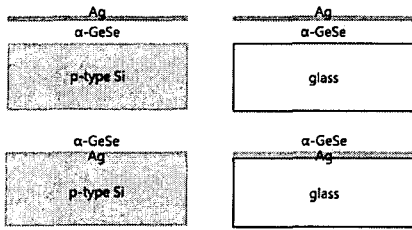


그림 1. 준비한 4가지 시편의 단면 개략도

2.2 격자 패턴 노광 및 회절효율의 측정

노광 방법으로는 레이저 빔의 간섭을 이용한 홀로-리소그라피 방법을 사용하였다. 홀로-리소그라피 방법은 그림 2에서 볼 수 있듯이 He-Cd 레이저 (442 nm)와 몇몇 광학소자를 이용하여 설계하였다.

홀로-리소그라피 방법으로 광을 조사하였을 때 노광된 영역과 노광이 되지 않은 영역의 Ag 포토 도핑량의 차이를 측정하는 방법으로는 회절효율을 측정하는 방법을 사용하였다. 이는 Ag가 도핑되었을 때 광학적 특성(굴절률 등)이 변화하는 것과 홀로-리소그라피의 패턴이 주기적이라는 점을 이용하여 사용될 수 있다. 회절효율이란 주기적인 구조(예를 들어 회절격자)에 빛을 입사시키면 zero order 빛 외에 1st, 2nd, 3rd ... 등의 빛이 회절되어 나타나게 되는데 이 중에서 아래 식과 같이 zero order와 1st order의 비율을 회절효율이라고 한다.

$$\eta = \frac{P_{zero\ order}}{P_{1st\ order}}$$

그림 2는 홀로-리소그라피를 위한 시스템 구성도와 회절효율을 측정하기 위한 시스템을 함께 구성한 개략도를 나타낸다.

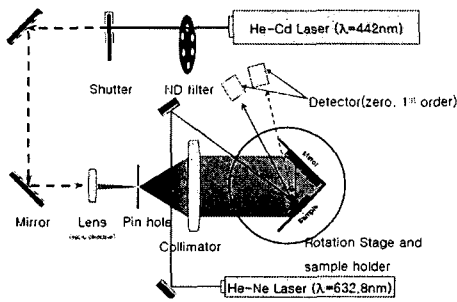


그림 2. 실험 시스템의 개략도

3. 결과 및 고찰

본 연구는 집적광학의 필요성과 광자결정 학문의 발전과 더불어 현재 다양한 분야로의 응용 가능성이 제안되고 있는 홀로-리소그라피 기술을 이용한다는 점에서 주목받을 만하다고 할 수 있다. 또한 광학 특성이 우수한 비정질 칼코게 나이드 물질에서의 Ag 광 도핑 현상에서의 Ag 도핑 메커니즘을 분석하는데 원초 모델을 제시한다는 점에서 큰 파급 효과가 있으리라 예상된다.

이에 본 논문에서는 홀로-리소그라피 법으로 광 도핑을

하였을 때 나타나는 현상을 통하여 전계에 의한 Ag 도핑에 대한 모델을 세웠으며, 각기 최적의 포토도핑 조건을 확립 할 수 있었다. 이는 Ag가 도핑된 α -GeSe과 그렇지 않은 α -GeSe의 광학적 특성 차이를 이용하여 He-Ne 레이저 빔을 통하여 회절 효율을 얻는 방법으로 광학적 특성의 최고 대비를 측정함으로써 얻을 수 있었다.

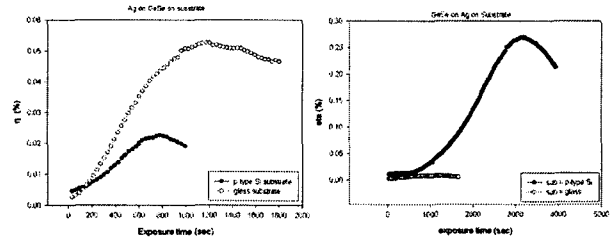


그림 3. 준비된 시편에 홀로-리소그라피 방법으로 노광하였을 때의 회절효율

그림 3은 각 시편에서의 홀로-리소그라피 방법으로 노광시키면서 실시간으로 회절효율을 측정한 데이터이다. 이 결과는 칼코게 나이드 물질에 Ag 포토도핑을 함으로써 α -GeSe 박막의 구조·조성의 변화가 일어남으로써 Ag에 의한 굴절률 차이와 용해도 차이가 생긴다. 이를 이용하여 Ag 도핑의 양과 노광된 부분과 노광이 되지 않은 부분의 대비(contrast)를 측정할 수 있다. 또한 이를 이용하여 진폭 회절격자와 새로운 개념의 포토 레지스트로서 이용 가능하리라 생각된다.

4. 결론

본 연구의 결과를 해석하여 보면 Ag의 위치에 따라 도핑의 양이 틀려지는 것은 전계에 의한 영향으로 생각할 수 있다. 즉, Ag^+ 의 도핑을 위하여 전계를 어떻게 형성시켜 주는가의 조건이 도핑의 양을 결정시키는 것으로 생각된다. 기판의 종류와 Ag의 위치는 이러한 전계의 방향의 차이를 주기위하여 변화시켜준 구조이고, 이러한 전계의 방향에 따른 Ag 포토도핑의 양이 전계에 영향을 받는 것으로 결과가 나타났다.

결론으로는 기판은 칼코게나이드 박막에서의 Ag 도핑에 영향을 미친다는 것을 확인하였고, 이는 Ag 포토도핑의 메커니즘을 연구하는데 지대한 공헌을 하리라 생각한다.

참고 문헌

- [1] 여철호, 장선주, 박정일, 이현용, 정홍배, "비정질 칼코게나이드 박막에서의 편광 홀로리소그라피의 회절효율 특성", J. KIEEME, 12, 1192-1197
- [2] Hyun-Yong Lee, and Takafumi Yao, J. Vac. Sci. Technol. B20(5), 1071-1023
- [3] J. P. Spallas, A. M. Hawryluk, and D. R. Kania, "Field emitter array mask patterning using laser interference lithography", J. Vac. Sci. Technol. B13, 1973-1978