

Se/ZnS 박막 광증폭기의 특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Se/ZnS Thin Film Light Amplifiers

박계춘, 임영삼, 이진, 정해덕, 구할본, 김종육, 정인성, 정운조, 이기식

Gye-Choon Park*, Young-Sham Im*, Jin Lee*, Hae-Duck Chung*, Hal-Bon Gu**,
Jong-Uk Kim**, In-Seong Jeong**, Woon-Jo Jeong***, Ki-Sik Lee****

*: Department of Electrical Engineering, Mokpo National University

** : Department of Electrical Engineering, Chonnam National University

***: Department of Inf. and Comm., Hanlyo Sanup University

****: Department of Electrical Engineering, Dankuk University

Abstract

Using Se as a photoconductive element and ZnS as a luminescent element, a Se/ZnS thin film device for light amplifier applications was fabricated and its characteristics were investigated. The Se/ZnS thin film light amplifier was fabricated by evaporating the ZnS thin film on an ITO(Indium Tin Oxide) glass and the Se thin film on the ZnS thin film in sequence.

The results of the characteristics investigation are summarized as follows:

- (1) When the frequency of an excitation voltage was increased, both the brightness response and the brightness saturation of the Se/ZnS thin film light amplifier began to start at a higher light input.
- (2) The gain of the Se/ZnS thin film light amplifier was dependent upon the amplitude and the frequency of the excitation voltage as well as an external light input.
- (3) When the Se/ZnS thin film light amplifier was excited by a direct current of a constant voltage, the frequency of the output brightness was equal to the frequency of the input light applied. When the light amplifier was excited by a sinusoidal voltage of 60 Hz, the frequency of the output brightness was 120 Hz.

1. 서론

지금까지 알려진 화상신호의 광증폭기는 광전자 방출면과 형광면을 진공 내에 가두고 광에 따라서 진공속에 방출된 전자를 가속하여 형광면에 충돌시켜 높은 휘도의 광을 얻는 방법, 광도전막과 액정을 조합하여 입사광이 들어오면 광도전막

의 저항값이 낮아지고 그 부분의 액정에 전원전압이 대부분 가해져서 액정 분자 배열이 변하여 결국 액정에 화상이 그려지는 방법과 광도전막과 전계발광막을 조합하여 광도전막에 광이 입사되면 그 세기에 따라 저항이 감소하므로 전원 전압 중 전계발광 소자에 가해지는 전압의 크기에 비례하여 광증폭이 이루어지는 박막 광증폭 방법 등으로 나눌 수 있다. 이 방법들중 박막 광증폭방법

은 1968년에 Kazan이 처음으로 제안하였으며, 그 후 1980년에 폴란드의 Porada는 박막 광증폭기에 대한 연구를 시작하였으며, 1988년에 수광소자 CdS박막과 발광소자 ZnS박막을 서로 직렬 연결한 방법으로 화상신호를 증폭할 수 있는 박막 광증폭기를 제작하였다. 그러나, 기대할 만한 결과를 얻지는 못하였다.

한편, 박막 광증폭기는 광도전층으로 Se, Sb₂S₃ 박막이나 칼코젠 유리의 반도체 막을, 발광층으로 Mn, Te, Sr, Sm 등을 소량 첨가한 ZnS박막이나 루모센(Luminescence from Molecular Center; LUMOCEN) 발광소자를 이중접합하여, 저저항, 고효율의 광증폭 특성 및 높은 정합도를 갖는 박막 광증폭기의 개발이 절실히 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 광도전층으로 Se박막을, 발광층으로 ZnS:Mn박막을 제작하고 그 제반 특성을 분석한 다음, 최적 조건으로 Se/ZnS박막 이중접합을 제작하여서 광증폭 및 이득, 광응답 속도 등 광증폭기의 특성을 고찰하였다.

2. 실험 및 측정

제작된 광증폭기의 제작공정도는 그림 2.1과 같다. 가시광선 영역에서 90% 이상의 광투과율을 나타냈으며, 상온에서 약 $1 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 의 낮은 저항율을 갖는 ITO유리기판 위에 발광층을 EBE법으로 증착하였다. 발광층으로 ZnS:Mn을 8000Å의 두께로 증착하였는데 불순물 Mn의 양은 발광효율이 가장 양호하다고 판정되는 0.5wt%로 하였다. 이때 ITO유리기판온도는 증착이 가장 잘 된다고 보고된 300°C로 유지하였다.

그 다음으로 완충 및 저항층인 ZnSe막 증착시에도 기판온도를 증착이 가장 잘되는 300°C로 유지하여 ZnS:Mn 위에 증착하였는데 완충층인 관계로 증착 두께를 4000Å로 하였다. 또한 이렇게 증착된 ZnS:Mn와 ZnSe막은 결정이 불안정한 상태이기 때문에 광도전층 Se를 증착하기 전에 10^{-4}Torr 고진공도에서 500°C로 1시간 동안 열처리를 하였는데 이것은 결정성뿐만 아니라 ZnS 격자내에 Mn분포를 증가시킬 수 있을 것으로 보고 있다. 마지막으로 광도전층인 Se를 기판온

도 100°C로 유지하면서 ZnSe위에 10000Å 두께로 증착하였고, 다시 그것을 150°C에서 15분 동안 열처리하여 Se/ZnS박막 광증폭기를 제작하였다. ZnS쪽은 Ag페스트로, Se쪽은 In금속으로 전극을 만들어 오염성접촉이 되도록 하였고, 광이 입사되는 Se의 윗 부분은 커버유리를 덮어서 보호하였다. 따라서 실제 Se의 윗부분의 유효면적은 $1.5 \times 1.0 \text{cm}$ 로 하였다.

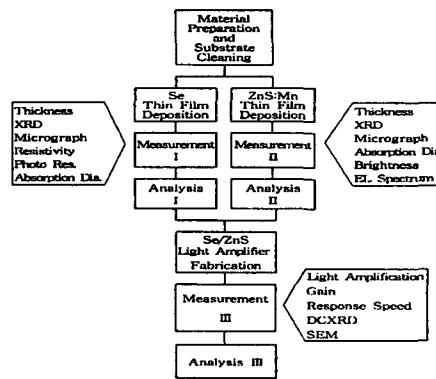


그림 2.1 시편제작 및 특성실험 블럭도

3. 결과 및 고찰

(1) 광증폭 및 이득

그림 3.1은 증폭기의 구동전압 220V, 파장 600nm 일 때 여러 주파수에서 조도의 변화에 따른 휘도를 나타내었다.

여기서 구동전압의 주파수가 클수록 증폭기의 응답은 조도가 큰 값에서 시작되었고, 휘도의 포화현상은 주파수가 클수록 조도가 높은 값에서 발생되는 것을 알 수 있었다. 즉, 주파수 50Hz일 때는 조도 100lx에서 포화가 시작되어 휘도가 25cd/m^2 이었고, 200Hz일 때는 690lx에서 720cd/m^2 이었으며, 1000Hz일 때는 1000lx에서 1200cd/m^2 이었을 때 포화가 시작되었다.

그림 3.2는 그림 3.1에 나타낸 자료를 가지고 공급전압 200V일 때 100Hz, 200Hz, 1000Hz의 주파수에서 외부 광입력(L)에 따른 휘도(B)의 값, 즉 B/L의 이득을 나타내었다. 100Hz에서 200Hz까지는 이득이 증가하다가 그 이상에서는 이득이 감

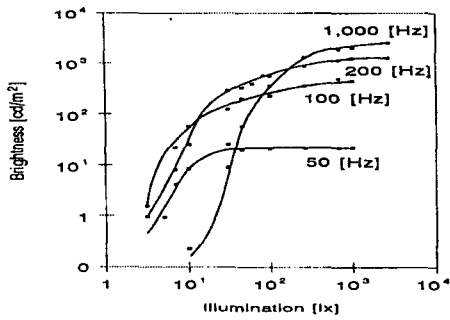


그림 3.1 여러 주파수에서 Se/ZnS 박막 광증폭기의 휘도

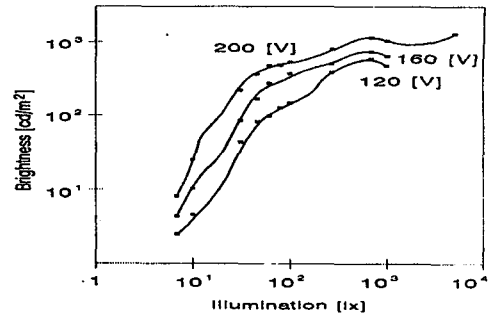


그림 3.3 여러 전압에서 Se/ZnS 박막 광증폭기의 휘도

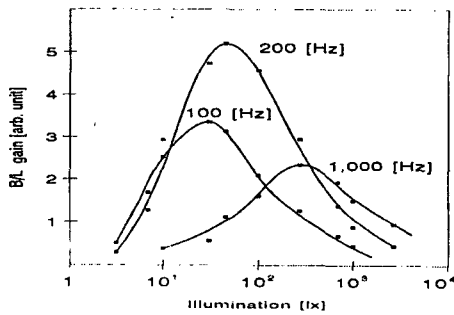


그림 3.2 여러 주파수에서 Se/ZnS 박막 광증폭기의 B/L 이득

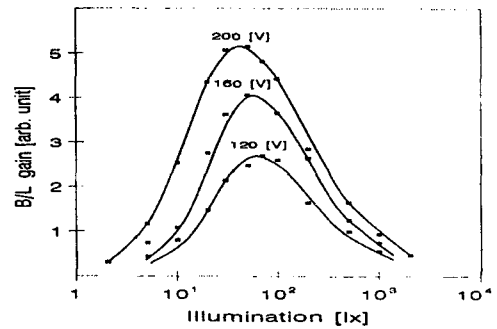


그림 3.4 여러 전압에서 Se/ZnS 박막 광증폭기의 B/L 이득

소하는 것을 알 수 있었다. 200Hz일 때는 5.18 정도의 이득을 얻을 수 있었는데 이것은 L이 62lx 일 때 B가 319.3cd/m² 일 때의 값으로 가장 큰 반응도를 나타냈다. 또한 그 이득의 피크치는 주파수가 높을수록 L이 큰 값에서 나타남을 확인할 수 있었다.

그림 3.3은 주파수 200Hz일 때 여러 가지 구동 전압에서 외부 광 입력의 변화에 따른 휘도를 나타내었다. 구동전압과 광 입력조도가 클수록 큰 휘도를 얻을 수 있었으며 250V이상에서는 항복이 일어나 더 이상 휘도를 관측할 수 없었다.

그림 3.4는 외부 광 입력의 변화에 따른 휘도를 B/L의 이득으로 나타내었는데 120V일 때 2.69, 160V일 때 4.06, 200V일 때 5.15 이었다. 그러나 최고 피크의 값은 전압이 높아질수록 입력광이 작은 쪽에서 나타나는 것을 볼 수 있었다.

이와 같이 박막 광증폭기의 특성을 결정하는 이득은 증폭기에 가해지는 전압의 크기와 주파수에 의존하며 또한 외부 광입력(L)의 크기에 의존한다는 것을 보여준다. 즉, 고정된 인가전압의 크기와 주파수에서 이득은 외부 광입력으로 그 최고치를 얻을 수 있다. 일정한 주파수에서 전압의 증가는 이득이 증가함을 알 수 있고 또한 L이 낮은 쪽으로 최고 피크의 변위를 가져옴을 보여주고 있다. 반면 일정한 전압에서 주파수의 증가는 L이 높은 쪽으로 최고 피크의 변위를 가져옴을 볼 수 있다. 따라서 박막 광증폭기의 최적 작동조건을 결정하기 위해서는 구동전압 및 주파수와 적당한 외부 광입력을 선택해야 광증폭기로서 좋은 특성을 얻을 수 있음을 확인하였다.

(2) 광응답 속도

광증폭기에 5lx 조도의 크기를 가진 입사광 펄스를 가했을 때 출력 휘도를 시간에 대한 반응으로 그림 3.5에 나타내었는데, 광증폭기의 구동전압으로 직류 전압 200V를 사용한 경우와 주파수 60Hz, 230V 교류 전압을 사용하여 실험을 하였다.

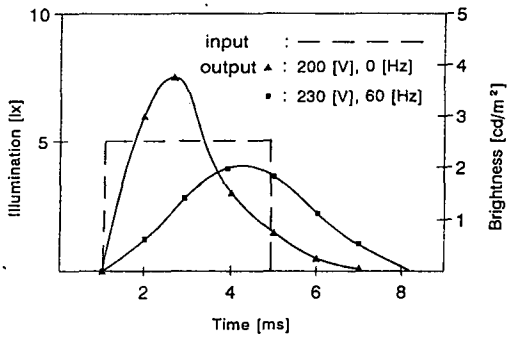


그림 3.5 낮은 주파수 갖는 Se/ZnS 박막 광증폭기의 시간반응

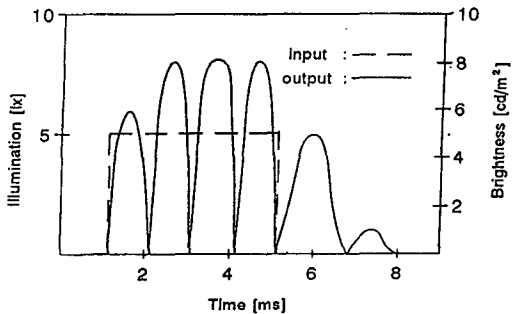


그림 3.6 높은 주파수 갖는 Se/ZnS 박막 광증폭기의 시간반응

구동전압이 직류일 때는 출력 휘도의 주파수가 입력에 공급된 광의 펄스에 따르고, 주파수 60Hz의 교류 전압일 때는 출력 휘도의 주파수가 구동전압 주파수의 2배 즉 120Hz가 되는 것을 확인할 수 있었으며, 휘도의 시간응답 파형은 광증폭기의 구동 주파수가 갖는 파형에 따름을 볼 수 있었다. 한편 그림 3.6은 주파수 500Hz, 구동전압 230V일 때 시간의 변화에 따른 휘도의 반응 결과를 보여

주고 있는데, 그 이상의 주파수에서도 시간의 변화에 따른 휘도의 반응 결과는 그림 3.5와 같았으며, 거의 다른 변화를 찾아 볼 수 없었다.

4. 결 론

Se/ZnS박막 광증폭기를 제작하여 그 광증폭 및 응답특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 구동전압의 주파수가 클수록 증폭기의 응답은 조도가 큰 값에서 시작되었고, 휘도의 포화현상은 주파수가 클수록 조도가 높은 값에서 발생하는 것을 알 수 있었다.
2. B/L 이득의 피크치는 주파수가 높을수록 L이 큰 값에서 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.
3. 구동전압과 광 입력조도가 클수록 큰 휘도를 얻을 수 있었다.
4. 박막 광증폭기의 특성을 결정하는 이득은 증폭기에 가해지는 전압의 크기와 주파수에 의존하며 또한 외부 광입력의 크기에 의존함을 알 수 있었다.
5. 구동전압이 직류일 때는 출력 휘도의 주파수가 입력에 공급된 광의 펄스에 따르고, 주파수 60Hz, 교류 전압 230V일 때는 출력 휘도의 주파수가 구동전압 주파수의 2배 즉 120Hz가 되는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] S. M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices*, John Wiley & Sons, Inc, 1981.
 [2] Z. Porada, *Thin Solid Films*, Vol. 71, pp. 209-213, 1980.
 [3] Z. Porada, E. Schabowska-Osiowska, *Thin Solid Films*, Vol. 125, pp. 341-345, 1985.
 [4] Z. Porada, E. Schabowska-Osiowska, *Thin Solid Films*, Vol. 164, pp. 411-415, 1988.