

## 비정질 $\text{Te}_{80}\text{Se}_{10}\text{Sb}_{10}$ 박막의 전기적 특성

### The Electrical Characteristics of Amorphous $\text{Te}_{80}\text{Se}_{10}\text{Sb}_{10}$ Thin Film

김홍석\*, 이영중\*\*, 정홍배\*\*\*

\*광운대학교 전자재료공학과, \*\*여주전문대 전자과

\*\*\*광운대학교 전자재료공학과, 광운대학교 신기술 연구소

Hong-Seok Kim\*, Young-Jong Lee\*\*, Hong-Bay Chung\*\*\*

\*Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon Univ., \*\*Dept. of Electronic Eng., Yeosu Junior College, \*\*\*Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon Univ., Institute of New-Technology, Kwangwoon Univ.,

#### Abstract

In this paper, we investigated the electrical characteristics which is d.c. and a.c. conductivity of the amorphous  $\text{Te}_{80}\text{Se}_{10}\text{Sb}_{10}$  thin film prepared by thermal evaporation. As the results, the d.c. conduction mechanism was followed thermally activated conduction and from the data of d.c. conductivity, the activation energy and mobility gap were obtained. the d.c. conductivity was increased with temperature and a.c. conductivity also was increased with temperature and frequency. It can consider that the annealing is indispensable for higher conductivity since the activation energy decreased but d.c. and a.c. conductivity increased with annealing.

#### 1. 서 론

지난 수십년간 비정질 반도체는 거의 불투명한 미래에서 시작하여 현재 상업적으로 생산되는 솔라셀, 평판 디스플레이, 그리고 광매모리등의 소자들로의 개발이 이루어지고 있다. 이러한 비정질 반도체 중 칼코게나이드계 물질을 이용한 스위칭 소자에 관한 연구는 1960년대 말 이후부터 계속적으로 연구되어왔다<sup>1)2)</sup>. 이 중 칼코겐 원소인 Te을 주성분으로 하는 3원계, 4원계 물질들은 스위칭 소자로 중요한 연구의 대상이었다<sup>3)4)5)</sup>. 이런 물질들은 어떤 임계전압 아래의 낮은 전압을

인가할 때 고저항 상태를 가지며 이 임계값 이상의 전압을 인가하면 안정된 저저항 상태인 전도 상태로 스위칭되는 특성을 가진다<sup>6)</sup>.

본 연구에서는 Te-Se-Sb계 중 비정질 형성이 용이한  $\text{Te}_{80}\text{Se}_{10}\text{Sb}_{10}$ 의 조성비<sup>7)8)</sup>를 가지는 벌크를 제작한 후 열증착방법으로 박막을 제조하고 열처리 조건에 따른 d.c.와 a.c. 전도도를 측정하여 비정질  $\text{Te}_{80}\text{Se}_{10}\text{Sb}_{10}$ 박막의 전기적 특성들을 조사하고자한다.

#### 2. 실험

##### 2.1 벌크 제작

비정질  $\text{Te}_{80}\text{Se}_{10}\text{Sb}_{10}$ 벌크를 제작하기 위해서 각 원소의 원자량비(atomic weight %)에 해당하는 고순도(99.999%)의 시료를 전자천평(Alsep MEV-198A)으로 0.1mg까지 정확히 평량한 다음 내경 10mm인 석영관 속에 넣고 약  $10^{-5}$ Torr로 진공배기시키며 봉입하였다. 이 석영관을 전기로에 넣어 Se의 용융점 부근인 275℃와 Te의 용융점 부근인 460℃에서 각각 2시간, 그리고 Sb의 용융점 부근인 640℃에서 24시간동안 온도를 유지하며 가열하였다. 이 때 각 원소들의 균일한 혼합을 위하여 30분마다 전기로를 흔들어 주었다. 그리고 나서 전기로에서 꺼낸 석영관을 비정질상을 얻기 위하여 공기중에서 몇 초간 급냉시킨 후 물속에서 급냉시켰다. 그럼 1은 벌크 시료의 제조 공정을 나타낸 것이다.

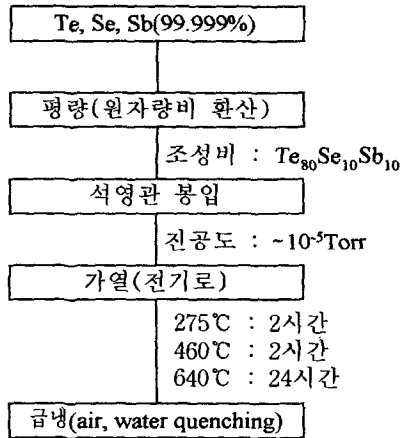


그림 1. 벌크 시료의 제작 공정 개략도

## 2.2 박막 제작

비정질  $Te_{80}Se_{10}Sb_{10}$  박막을 제조하기 위해 제작된 벌크를 열증착기를 이용하여  $2 \times 10^{-5}$  Torr의 진공도에서 휘발성인 Se의 선택적인 증착에 의한 조성 변화를 막기 위해 빠른 속도( $\sim 50 \text{ \AA/s}$ )로 증착하였다. 기판은 탈이온 증류수, T.C.E., 아세톤, 메틸알콜의 순으로 세척한 Micro-Slide glass를 사용하였고 보우트로는 Mo 보우트를 사용하였다. 증착된 박막의 크기는  $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 이고, 두께는  $500 \sim 1500 \text{ \AA}$ 의 범위로 제작하였다. 두께는 crystal sensor를 이용한 Thickness monitor로 증착과 함께 측정한 후 n&k thin film analyzer를 이용하여 확인하였다. 이와 같이 제작된 박막을 진공오븐을 이용하여  $50 \sim 100^\circ\text{C}$  범위에서 20분 동안 열처리를 하였다. 그림 2는 박막 시편의 제조 공정을 나타낸 것이다.

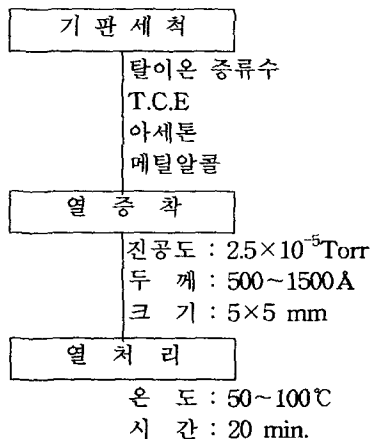


그림 2. 박막 시편의 제조 공정 개략도

## 2.3 측정

제작한 비정질  $Te_{80}Se_{10}Sb_{10}$  박막의 d.c. 전도도 측정은 d.c. 전압을 인가하여 각각의 열처리 조건에 따른 온도의존성을 측정하고 그에 따른 활성화 에너지와 이동도 값을 구하였다. 그리고 a.c. 전도도는 d.c. 전도도 측정과 마찬가지로 열처리조건에 따른 온도 의존성을 측정하였고 주파수에 따른 온도의존성도 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3-1은 제작한 박막의 열처리 조건에 대한 온도 상승에 따른 d.c. 전도도의 측정 결과를 보인 것이다. 이 때 열처리 시간은 20분으로 하였다. 열처리 온도가 증가할수록 d.c. 전도도는 지수함수적으로 증가한다. 즉, 다음과 같은 활성화 전도식을 따른다.

$$\sigma_{d.c.} = \sigma_0 \exp\left[-\frac{E_{d.c.}}{kT}\right]$$

여기서,  $\sigma_{d.c.}$ 는 d.c. 전도도이며,  $\sigma_0$ 는 최소금속전도도(minimum metallic conductivity)에 상응하고,  $k$ 는 Boltzmann 상수,  $T$ 는 절대온도이다.  $E_{d.c.}$ 는 활성화 에너지(activation energy)로 이동도 갭(mobility gap)의 1/2이다.

이 식과 그림 3-1을 이용하여 활성화 에너지와 이동도 갭을 구할 수 있으며 그 결과와 실온에서의 d.c. 전도도를 표 1에 나타내었다. 열처리 온도가 증가할수록 활성화 에너지와 이동도 갭은 감소한다. 또한 고온 영역에서 d.c. 전도도가 일치하는 경향을 관찰할 수 있는 데 이 영역에서 비정질 상이 아닌 다른 상으로의 구조적인 변화를 의미한다.

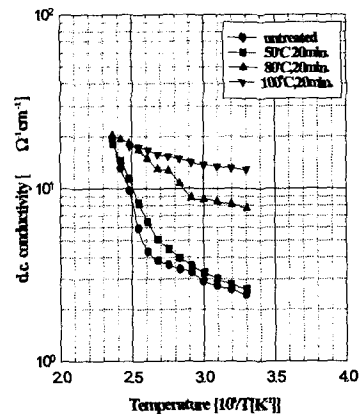


그림 3.1 열처리에 따른 d.c. 전도도의 온도 의존성

표 1. 실온에서의 열처리 온도에 따른 d.c. 전도도 활성화 에너지, 이동도 값.

Sample	d.c. conductivity [ $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ]	Activation energy [eV]	Mobility Gap [eV]
Untreated	$2.379 \times 10^9$	0.523	1.046
50[°C]/20[min]	$2.576 \times 10^9$	0.345	0.690
80[°C]/20[min]	$7.563 \times 10^9$	0.130	0.260
100[°C]/20[min]	$1.278 \times 10^4$	0.033	0.066

그림 3-2는 1[kHz]의 주파수에서 제작한 박막의 열처리 조건에 대한 온도 상승에 따른 a.c. 전도도의 측정 결과를 보인 것이다. 이 때 열처리 시간은 20분으로 하였다. 열처리 온도가 증가할수록 a.c. 전도도 역시 증가함을 볼 수 있다. d.c. 전도도와 마찬가지로 a.c. 전도도도 고온 영역에서 일치하려는 경향을 가진다. 실온에서 측정된 a.c. 전도도를 표 2에 나타내었다. 표 1과 비교할 때 a.c. 전도도가 d.c. 전도도보다 더 높음을 알 수 있다.

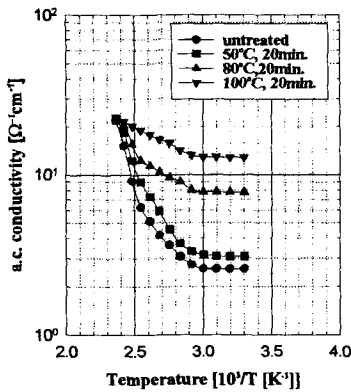


그림 3.2 열처리에 따른 a.c. 전도도의 온도 의존성(1 [kHz])

표 2. 실온, 주파수 1 [kHz]에서의 a.c. 전도도.

Sample	a.c. conductivity [ $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ]
Untreated	$2.570 \times 10^9$
50[°C]/20[min]	$3.079 \times 10^9$
80[°C]/20[min]	$7.754 \times 10^9$
100[°C]/20[min]	$1.281 \times 10^4$

그림 3-3는 주파수 증가에 대한 온도 상승에 따른 a.c. 전도도의 측정 결과를 보인 것이다. 이

때 측정된 박막은 모두 미처리 박막을 사용하였다. 1[MHz]이상의 주파수 영역에서 a.c. 전도도가 온도가 증가함에 따라 거의 변화가 없음을 볼 수 있다. 실온에서 측정된 각 주파수에 대한 a.c. 전도도를 표 3에 나타내었다.

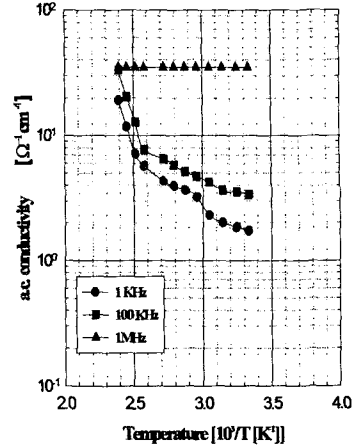


그림 3.3 여러 주파수에 대한 a.c. 전도도의 온도 의존성(미처리 박막)

표 3. 실온에서의 주파수에 따른 a.c. 전도도.

Sample	Frequency	a.c. conductivity [ $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ]
Untreated	1 [kHz]	$1.726 \times 10^9$
Untreated	100 [kHz]	$3.360 \times 10^9$
Untreated	1 [MHz]	$3.501 \times 10^4$

## 5. 결론

비정질  $\text{Te}_{80}\text{Se}_{10}\text{Sb}_{10}$  박막에 대한 d.c. 전도도를 측정된 결과 열처리 온도가 증가함에 따라 온도에 대해 지수함수적으로 증가하는 활성화형 전도형식을 따르며 활성화 에너지는 감소한다. 고온 영역에서 d.c. 전도도가 서로 일치하려는 경향을 볼 수 있는데 이것은 박막이 비정질상이 아닌 다른 상으로 변화하기 때문이다.

a.c. 전도도 또한 열처리 온도와 주파수가 증가함에 따라 온도에 대해 증가하였고 1[MHz]이상의 주파수에 대해서는 온도에 대해 거의 변화를 보여주지 않는 독립적인 특성을 보여주었다.

열처리를 함에 따라 활성화 에너지는 감소하지만 d.c.와 ac 전도도는 증가하기 때문에 더 높은 전도도를 얻기 위해서는 열처리가 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] N.F. Mott, Philos. Mag. Vol. **22** p.911, 1970
- [2] H. Fritzsche, S.R. Ovshinsky, J. Non-Cryst. Solids, Vol.2 p.393, 1973
- [3] J.M. Marshall, A.E. Owen, Philos. Mag. **33** p.457, 1976
- [4] M. Noda, L. Chow, K.C. Kao, J. Phys. D Vol.12 p.1345, 1979
- [5] E. Marquez, P.Villares, R.J. Garay, J. Non-Cryst. Solids, Vol.74 p.195, 1985
- [6] H. Fritzsche, IBM J. Res. Develop. Vol.13 p.515, 1969
- [7] C.J. van der Poel, D.J. Gravestein, etc., J. Appl. Phys. Vol.59(6), 1986
- [8] V.D. Das, K.S. Raju, Jpn. J. Appl. Phys. Vol.35 p.2234, 1996