

# 비정질 As-Ge-Te 박막의 물리적 성질 및 스위칭 특성

論 文  
44~7~11

## The Physical Properties and Switching Characteristics of Amorphous As-Ge-Te Thin Film

李賢勇\* · 千碩杓\*\* · 李榮鍾\*\*\* · 鄭鴻倍§

(Hyun-Yong Lee · Seok-Phyo Cheon · Young-Jong Lee · Hong-Bay Chung)

**Abstract** - The switching characteristics of  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  thin film were investigated under d.c. bias. And the frequency dependence of the conductivity was analysed with regard to the temperature dependence, in order to find the physical properties of the  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  thin film; a characteristic relaxation time( $\tau_0$ ), the spatial density of defect states(N), and the localized wavefunction( $\alpha^{-1}$ ). It was found that the threshold voltage depends on thickness, electrode distance, annealing time and temperature, respectively. The threshold voltage is increased as the thickness and the electrode distance is increased, while the threshold voltage is decreased in proportion to the increased annealing time and temperature.

**Key Words** : Microwave Device(마이크로웨이브 소자), Memory Switching(메모리 스위칭), Characteristic Relaxation Time(특성 이완시간), Spatial Density of Defect States(결함준위밀도), Localized Wavefunction(국재파동함수)

### 1. 서 론

최근 마이크로웨이브 소자들의 집적화에 따라 반도체를 이용한 스위칭 소자 개발의 필요성이 대두되고 있다. 초기에 마이크로웨이브 주파수대에서 사용된 스위칭 소자는 기계적인 스위치로서 SPST(Single-Pole Single-Throw) 및 SPMT(Single-Pole Multi-Throw)가 사용되었으나 스위칭 속도가 매우 느리고 높은 전력의 요구, 그리고 손실이 크다는 단점이 있다. 그 후 마이크로웨이브의 에너지를 이용한 가스 방전 스위치가 이용되었다. 그러나 이 방법도 에너지 손실이 크며, 소자의 소형화가 매우 곤란하다는 단점이 있다. 따라서 PIN 다이오드와 같은 빠른 스위칭, 저전력에서 동작하는 집적화가 가능한 반도체 소자를 이용하게 되었다. 그러나 이러한 반도체 소자 또한 불순물 농도 제어, 절연층 두께 제어, 그리고 캐리어 이동에 따른 지연시간 등의 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 비정질 칼코게나이드계 물질에 대한 연구가 진행되어 왔다. 비정질 칼코게나이드계 물질을 이용한 메모리 스위칭 소자의 응용에 관한 연구는 1960년대 말부터 보고된 바 있으며 [1,2,3,4], 본 연구실에서도 Ag가 도핑된  $As_2S_3$  박막의 메모리 스위칭 특성을 연구하여 보고한 바 있다[5]. 칼코게나이드계 유리질에서의 메모리 스위칭 현상은 광범위하게 연구되어왔으며, 광기억(optical mass memory), 표시장치(display device), 그리고 computer memory array 소자로의 이용 가능성이 대두되어 왔다.

본 연구에서는 As-Ge-Te계 물질 중에서 비정질 형성이 용이한  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  조성비[6,7,8]를 갖는 물질을 제작하고 열충착을 이용하여 박막을 제조하여 박막의 물리적인 특성을 조사하고 마이크로웨이브 영역의 주파수대에서의 메모리 스위칭 특성을 조사하기 전의 단계로서 d.c. 바이어스에 의한 메모리 스위칭 특성을 관찰하고자 한다. 특히,  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  비정질 박막의 물리적 특성을 고찰하기 위해서 온도에 따른 d.c., a.c. 전도도를 측정하고 Elliott 등에 의해 정리된 CBH(Correlated Barrier Hopping) 모델[9]을 이용하여 호핑 전도에 관여하는 결함준위밀도(the density of defect states : N)와 특성이완시간(characteristic relaxation time :  $\tau_0$ ), 그리고 localized wavefunction( $\alpha^{-1}$ )을 구한다. 그리고 메모리 스위칭 소자로서의 응용성을 조사하기 위해 박막두께, 열처리조건에 따라 d.c. 바이어스를 인가하여 메모리 스위칭 특성을 조사함으로써[10,11],  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  박막의 MIC(Microwave Integrated Circuits) 메모리 스위칭 소자로서의 응용성을 조사하였다[12]. 또한 이러한  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  물질을 박막으로 제조하고 주파수에 따른 a.c. 전도도를 측정하여 고주파(~20MHz) 영역의 주파수대에서의 안정된 전도 특성을 얻음으로써 그 이상의 주파수 대역인 마이크로웨이브 영역에서도 메모리 스위칭 소자로서 활용될 수 있는 가능성을 타진해 보고자 한다.

### 2. 실 험

#### 2.1 벌크 제작

As-Ge-Te계 비정질 물질을 얻기 위해서 그림 1의 상평형도에서와 같이 유리질 형성 영역에서  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$ 의 조성비를 선택하였다.

이러한 비정질  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$ 을 제작하기 위해서 각 원소의 원자량비(atomic weight %)에 해당하는 시료(순도 99.999%)를

\* 正 會 員 : 光云大 大學院 電子材料工學科 博士課程 修了

\*\* 正 會 員 : 光云大 大學院 電子材料工學科 碩士課程

\*\*\* 正 會 員 : 여주專門大學 電子科 助教授 · 工博

§ 正 會 員 : 光云大 工大 電子材料工學科 教授 · 工博

接受日字 : 1995年 1月 28日

1次 修正 : 1995年 5月 22日

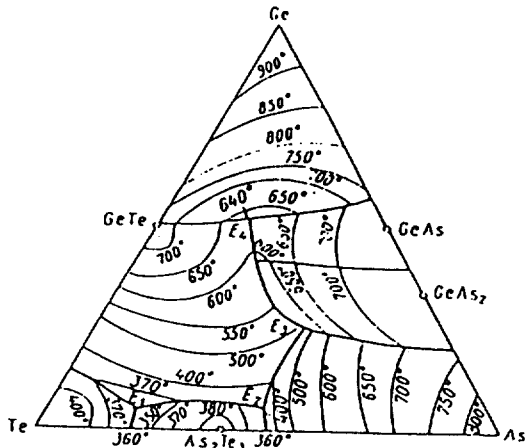


그림 1 As-Ge-Te 상평형도  
Fig. 1 The phase diagram of As-Ge-Te

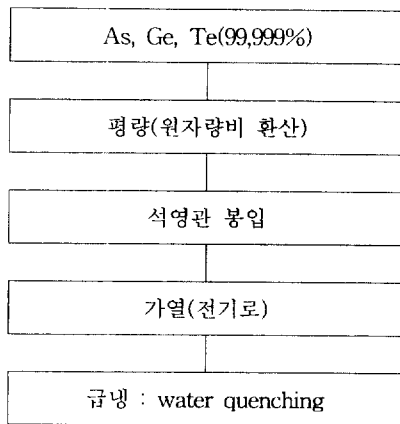
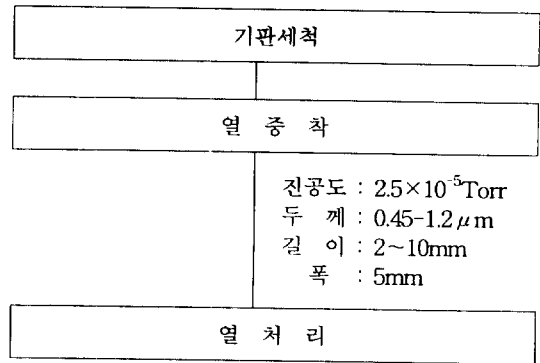


그림 2 벌크 제작공정 개략도  
Fig. 2 Schematic diagram of the bulk manufacture

전자천평(ALSEP EU-198A)으로 0.1mg까지 정확히 평량한 다음 시료를 내경 10mm의 세척된 석영관 속에 넣고 진공장치(Maruyama,cp-300)를 이용하여 약  $10^{-5}$ Torr로 진공배기 시키며 봉입하였다. 진공 봉입된 석영관을 전기로에 넣어 Te의 용융점 부근인 500°C에서 2시간, As의 승화점 부근인 650°C에서 2시간, 그리고 Ge의 용융점 부근인 950°C에서 24시간을 유지하며 가열하였다. 가열이 끝난 다음 전기로에서 꺼낸 석영관을 비정질상을 얻기 위하여 물속에서 급냉하였다. 그림 2는 벌크 제작공정에 대한 개략도이다.

2.2 박막 제작

본 실험에서는 메모리 스위칭 소자로서  $As_{10}Ge_{15}Te_75$  박막을 이용하였으며, 박막을 제작하기 위해 제작된 벌크를 열증착기를 이용하여  $2.5 \times 10^{-5}$ Torr의 진공도에서 증착하였다. 기판으로는 마이크로 슬라이드 기판을 탈이온 정류수, 아세톤, 그리고 메틸알콜 순으로 초음파세척기로 세척한 후 사용하였다. 또한 증착시 물리브텐 보우트를 사용하였다. 증착된 박막의 길이는 2~10mm 범위이고 폭은 5mm로 하였으며, 그리고 두께는 0.45~1.2 $\mu$ m 범위로 하였다. 이와같이 제작된 박막은 비정질



진공도 :  $2.5 \times 10^{-5}$ Torr  
두께 : 0.45~1.2 $\mu$ m  
길이 : 2~10mm  
폭 : 5mm

온도 : 80~150°C  
시간 : 1-5시간

그림 3 박막 제작공정도 개략도  
Fig. 3 Schematic diagram of the thin film manufacture

상태로서 열처리 온도와 시간에 대한 d.c. 메모리 스위칭 특성을 조사하기 위해 진공오븐을 사용하여 80~150°C 범위에서 각각 1~5시간 범위 동안 열처리를 하였다. 그림 3은 박막 제작공정에 대한 개략도를 나타낸다.

2.3 측정

제작된 시료의 유리질 천이온도( $T_g$ )를 조사하기 위하여 TG-DTA 분석(Stanton redcroft. 1500)을 하였으며, 박막의 두께는  $\alpha$ -step으로 측정하였다. 먼저 박막의 비정질상으로서의 물리적 특성을 조사하기 위해서 d.c., a.c. 전도도의 온도의존성을 측정하였으며, a.c. 전도도의 주파수 의존성을 실험하였다. 그리고 제작된 박막의 각 두께에서의 열처리 온도와 시간에 따른 d.c. 메모리 스위칭 특성을 조사하기 위해서 Au probe 전극을 이용하여 d.c. 바이어스를 증가시키며 임계전압을 측정한 후 다시 d.c. 0V까지 바이어스를 감소시키며 박막에 인가되는 전압과 전류를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

열처리에 따른 스위칭 특성을 관찰하기 위하여 유리질 천이 온도를 관찰하였으며, 그림 4에는 제작한 벌크형태의  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$ 에 대한 TG-DTA 분석 결과를 나타내었다. 유리질 천이 온도는 140°C 부근에서 관찰되었다. 측정된 결과에 따라 열처리 온도로서 140°C 이하의 온도를 선택하였다.

열처리 온도에 따른 d.c. 전도도의 변화를 관찰한 결과를 그림 5에 나타내었다. 열처리 온도는 각각 80°C, 90°C, 그리고 100°C로 하였으며, 열처리 시간은 각각 20분, 40분, 60분으로 하였다. 열처리 온도가 증가하고 열처리 시간이 증가할수록 d.c. 전도도가 증가하는 것을 확인하였다. 이것은 박막의 구조적인 변화를 암시하는 것으로서 d.c. 전도는 캐리어의 전도단에서의 이동에 의한 활성화형 전도 형식을 따르기 때문에 열처리에 따라 구조적인 결함이 감소하여 캐리어의 전도단에서의 캐리어의 수와 흐름이 향상됨을 예측할 수 있다.

본 박막 물질의 활성화 에너지와 이동도갭(mobility gap : B)을 구하기 위해서 그림 6과 같은 온도에 따른 d.c.전도도( $\sigma_{dc}$ )

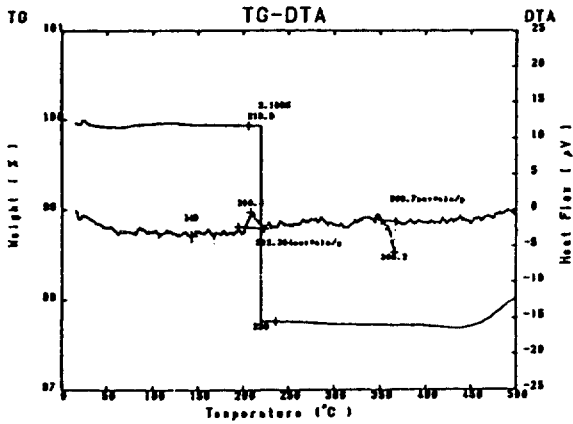


그림 4 TG-DTA 분석  
Fig. 4 TG-DTA analysis

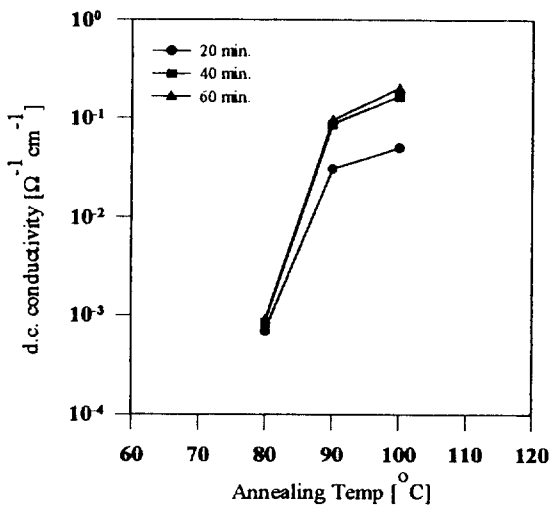


그림 5 열처리 온도에 따른 d. c 전도도  
Fig. 5 d. c. conductivity change with annealing temperature

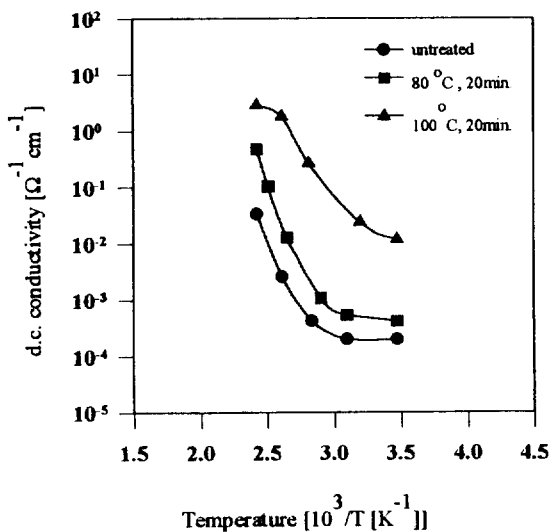


그림 6 열처리에 따른 d. c. 전도도의 온도 의존성  
Fig. 6 Temperature dependence of d.c. conductivity with annealing

를 측정하였다. 다윈계 칼코게나이드 유리질 반도체의 d.c. 전도도는 온도에 따라 지수함수적으로 증가한다. 그리고 활성화 에너지( $E_{dc}$ )는 이동도값의 1/2로서 표현되고 열처리 조건에 따라 변화한다. 즉, 열처리 온도가 증가할수록 활성화 에너지는 감소한다.

활성화 에너지를 구하기 위해서 다음의 활성화 전도식을 사용하였다.

$$\sigma_{d.c.} = \sigma_0 \exp\left[\frac{-E_{d.c.}}{kT}\right] \quad (1)$$

식 (1)에서 양변에 자연로그를 취하고  $10^3/T$ 로 미분하여 주면 그림에서 기울기가 활성화 에너지를 나타냄을 알 수 있다. 상온에서 측정된 전도도와 활성화 에너지, 그리고 이동도값을 표 1에 나타내었다.

그림 7은 1kHz 주파수에서의 열처리 조건에 따른 a.c. 전도도를 측정된 결과이다. 열처리 온도가 증가할수록 a.c. 전도도가 증가함을 확인하였다.

그리고 실온에서 측정된 a.c. 전도도에 대한 결과를 표 2에 나타내었다. 위의 표 1과 비교해 볼 때 a.c. 전도도가 d.c. 전도

표 1 실온에서의 d. c. 전도도 및 활성화 에너지  
Table 1 d. c. conductivity and activation energy(room temp.)

Sample	d.c. conductivity [ $\Omega^{-1}cm^{-1}$ ]	Activation Energy [eV]	Mobility gap [eV]
Untreated	$1,900 \times 10^{-4}$	1.06	2.12
80°C/20min	$5,440 \times 10^{-4}$	0.89	1.78
100°C/20min	$1,898 \times 10^{-2}$	0.57	1.14

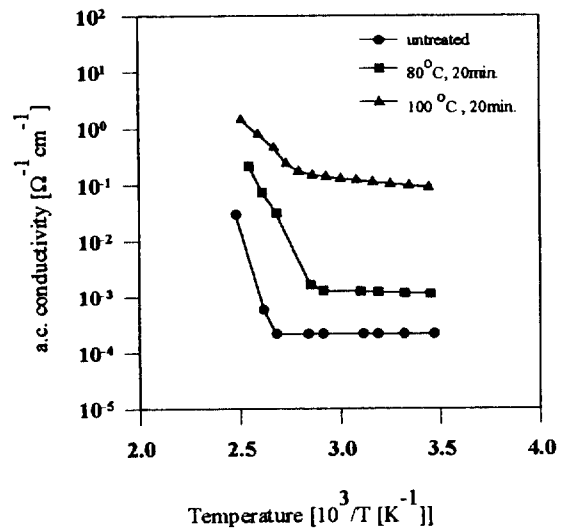


그림 7 열처리에 따른 a. c. 전도도의 온도 의존성  
Fig. 7 Temperature dependence of a. c. conductivity with annealing

표 2 실온, 주파수 1kHz에서의 a. c. 전도도

Table 2 a. c. conductivity (room temp., 1kHz)

Sample	a.c. conductivity [ $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ]
Untreated	$2,165 \times 10^{-4}$
80°C/20min.	$1,190 \times 10^{-3}$
100°C/20min.	$9,759 \times 10^{-2}$

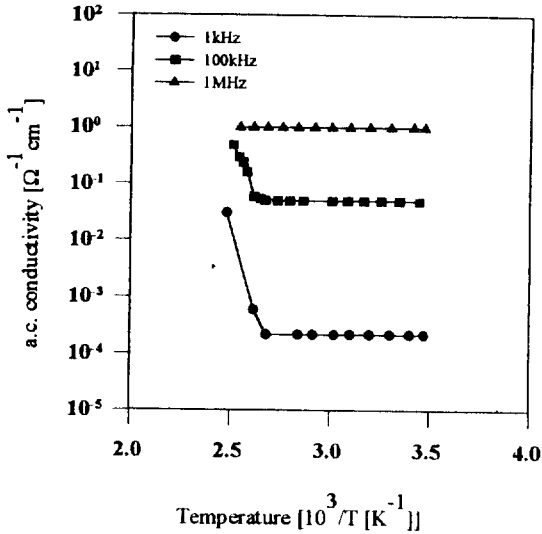


그림 8 주파수에 따른 a.c. 전도도의 온도 의존성  
Fig. 8 Temperature dependence of a.c. conductivity with frequency

표 3 실온에서의 주파수에 따른 a.c. 전도도

Table 3 a.c. conductivity vs. frequency (room temp.)

Sample	frequency	a.c. conductivity [ $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ ]
Untreated	1kHz	$2,165 \times 10^{-4}$
Untreated	100kHz	$4,946 \times 10^{-2}$
Untreated	1MHz	$9,893 \times 10^{-1}$

도보다 조금 높음을 알 수 있는데 이러한 특성을 이용하여 스 위칭 소자로서 이용할 경우 마이크로웨이브 주파수 대역에서 높은 전도 특성을 나타낼 것으로 예상된다.

As<sub>10</sub>Ge<sub>15</sub>Te<sub>75</sub> 박막의 물리적 특성을 알아보기 위해서 여러가지 주파수에 따른 a.c. 전도도의 온도 의존성을 측정하였다(그림 8). 1MHz 이상의 주파수 영역에서는 Rockstad[2]에 의해 보고된 바와 같이 비정질 칼코게나이드 물질에서는 온도에 따라 a.c. 전도도가 거의 변화하지 않음을 알 수 있다. 그리고 실온에서의 주파수에 따른 a.c. 전도도의 변화를 표 3에 나타내었다.

그림 8로부터 주파수가 100kHz일 때를 선택하여 이 때 전도

도의 온도 의존성이 적은 영역의 기울기를 이용하여 결합준위 밀도(N [ $\text{cm}^{-3}$ ])와 특성이완시간( $\tau_0$  [s])을 CBH 모델을 사용하여 구할 수 있다. 이 경우의 전도형식은 Fermi level 근처의 국재상태준위에서의 defect site간의 전자의 호핑에 의한 전도형식을 따를 것으로 생각된다. CBH 모델에 의한 a.c. 전도도의 관계수식은 다음과 같다.

$$s = 1 - \frac{6kT}{B}$$

$$\sigma_{a.c.} = \frac{\pi^2 N^2 k}{24} \left[ \frac{8e^2}{kB} \right] \frac{\omega^s}{\tau_0^{1-s}} \exp \left[ \frac{3k^2 T^2}{B^2} \ln^2(1/\omega \tau_0) \right] \quad (2)$$

- N : 결합준위밀도
- $\tau_0$  : 특성이완시간
- $\kappa$  : 유전상수
- e : 전자 전하
- B : 이동도값
- T : 온도
- $\omega$  : 각주파수
- k : Boltzmann 상수

식 (2)의 양변에 자연로그를 취하고 온도(T)에 대해 미분하여 주면, 그림의 기울기로부터 특성이완시간을 구할 수 있다. 여기서  $b=1/\omega \tau_0$ 이고,  $T_0=B/6k$ 이다.

$$\frac{d(\ln \sigma_{a.c.})}{dT} = \frac{\ln b}{T_0} = \text{slope} [K^{-1}] \quad (3)$$

그리고 특성이완시간과 측정된 유전상수(약 30.31)를 식 (2)에 대입하고 주어진 온도에서의 a.c. 전도도( $\sigma_{ac}$ )를 대입함으로써 결합준위밀도를 구할 수 있다. 또한 그림 8에서 주파수가 100kHz일 때 a.c. 전도도의 온도 의존성이 큰 영역의 기울기로부터 Pollak[1]등에 의해 보고된 바 있는 QMT(Quantum Mechanical Tunnelling) 모델에 의한 식 (4)를 이용하여 Fermi level로부터 에너지 E 만큼 떨어진 곳에서의 국재상태밀도(N(E))를 약  $10^{21}[\text{cm}^{-3}\text{eV}^{-1}]$ 으로 가정[12]하고 특성이완시간( $\tau_0$ )을 phonon 주파수의 역수인 약  $10^{-13}[\text{s}]$ 으로 가정[12]하여 캐리어의 평균 호핑 거리에 관계하는 localized wavefunction( $\alpha^{-1}$ )을 구할 수 있다. 여기서 특성이완시간을 phonon 주파수의 역수로 취한 이유는 이동도단 부근에서 캐리어가 phonon을 흡수, 방출하며 호핑 전도를 하기 때문이다. 그러므로, 이 경우의 전도형식은 Fermi level에서 캐리어(전자)가 전도단(conduction band) 부근의 국재상태로 천이하여 이동도단(mobility edge)에서의 호핑에 의한 전도 형식을 따를 것으로 예측된다.

$$\sigma_2 = \frac{\pi^2}{12} \ln(2) N^2(E) \frac{\alpha^{-5}}{16} e^2 kT \omega \ln^4(1/\omega \tau_0) \exp(-E/kT) \quad (4)$$

- $\sigma_2$  : 온도 의존성이 큰 영역에서의 a.c. 전도도
- E : Fermi level로부터의 에너지 간격

$N(E)$  : Fermi level로부터 에너지 E 만큼 떨어진 곳에서의 국재상태밀도  
 $\alpha^{-1}$  : localized wavefunction

그림 9는 주파수 100kHz일 때 CBH 모델과 QMT 모델을 이용하여 얻은 결과와 실험치를 비교한 것을 나타내며, 그 결과를 표 4에 나타내었다. 이동도단으로부터 약 0.18eV ( $E_2$ ) 떨어진 국재상태준위에서 localized wavefunction이 약 8400[Å]으로 계산되었는데, 이것으로부터 본 실험에서 사용된  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  박막의 이동도단은 국재영역(localized region) 쪽으로 깊게 연장되어있음을 예측할 수 있다. 즉, 주파수에 따른 a.c. 전도도의 온도 의존성 실험에 사용된 박막은 열처리를 가하지 않은 박막으로서 원자간의 결합각, 결합길이, 그리고 밀도와 조성의 불규칙성에 기인한 구조적인 short-range order에 의하여 구조적인 안정성이 낮아 이동도단에서의 국재상태영역이 크게 분포함을 예측할 수 있다.

a.c. 전도도의 주파수 의존성을 관찰하기 위해 여러가지 열처리 조건에 따른 a.c. 전도도 특성을 그림 10에 나타내었다. 약 10kHz 이하의 저주파영역에서는 거의 a.c. 전도도가 일정한 특성을 나타내었다. 그리고 주파수 증가에 따라 급격히 증가하다가 약 1MHz 이상의 주파수에서는 a.c. 전도도가 포화되어 안정된 전도를 나타내는 특성을 관찰하였다. 본 실험에서는 20MHz

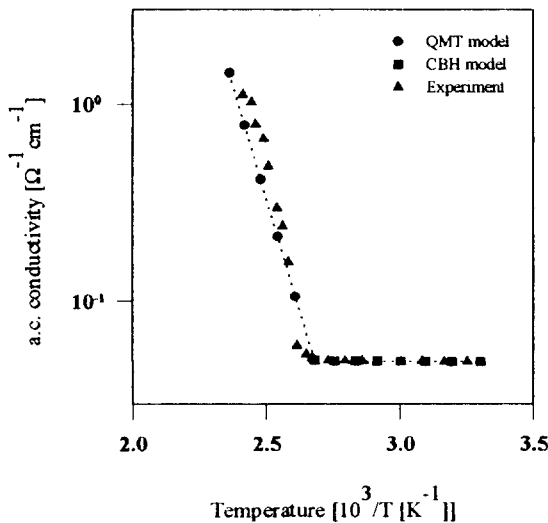


그림 9 100kHz 주파수에서 온도에 따른 a. c. 전도도의 실험치와 이론치

Fig. 9 The experimental and theoretical data for the temperature dependence of a.c. conductivity with 100kHz

표 4 주파수 100kHz일 때 미처리 박막의 물리적 특성  
 Table 4 The physical characteristics of untreated thin film(100kHz)

N [cm <sup>-3</sup> ]	$\tau_0$ [s]	$\alpha^{-1}$ [Å]	$E_2$ [eV]
$1,328 \times 10^{20}$	$6,792 \times 10^{-7}$	8400	0.18

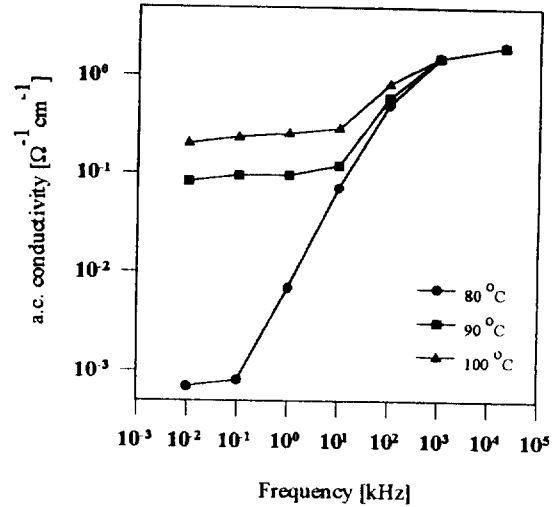


그림 10 열처리에 따른 a.c.전도도의 주파수 의존성  
 Fig. 10 Frequency dependence of a.c. conductivity with annealing

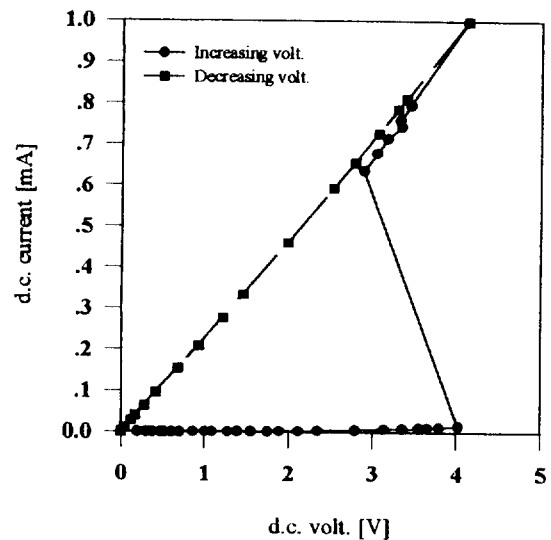


그림 11 d.c. 스위칭 I-V특성 곡선  
 (두께 : 8.5 $\mu$ m, 열처리 온도 : 100 $^{\circ}$ C, 열처리 시간 : 3시간, 전극간 거리 : 2mm)

Fig. 11 d.c. switching I-V characteristic curve  
 (thickness : 0.85 $\mu$ m, annealing temp : 100 $^{\circ}$ C, annealing time : 3hrs, electrode distance : 2mm)

까지 측정을 시행하였으나 그 이상의 주파수 영역에서 a.c. 전도도가 일정하게 포화되는 특성을 나타낸다면 마이크로웨이브 영역의 주파수대에서 메모리 스위칭 소자로서의 응용 가능성이 있을 것으로 기대된다. 이미 보고된 바 있는  $As_{10}Ge_{15}Te_{75}$  벌크에 대한 실험결과[12]에서는 약 12GHz까지 a.c. 전도도가 일정하게 유지되는 특성을 나타내었다.

다음으로 d.c. 바이어스에 의한 박막의 두께, 열처리 온도, 열처리 시간, 그리고 전극간의 간격에 따른 메모리 스위칭 특성을 관찰하였다. 그림 11은 두께 0.85 $\mu$ m의 박막을 100 $^{\circ}$ C에서 3

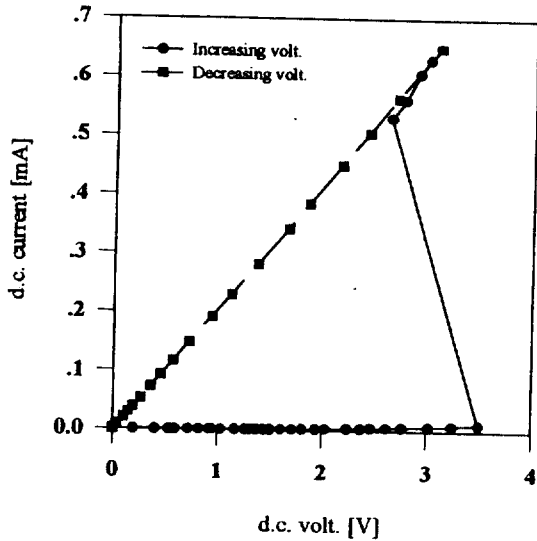


그림 12 d.c. 스위칭 I-V 특성 곡선  
(두께 : 0.85 μm, 열처리 온도 : 100°C, 열처리 시간 : 5시간, 전극간 거리 : 2mm)

Fig. 12 d.c. switching I-V characteristic curve  
(thickness : 0.85 μm, annealing temp : 100°C, annealing time : 5hrs, electrode distance : 2mm)

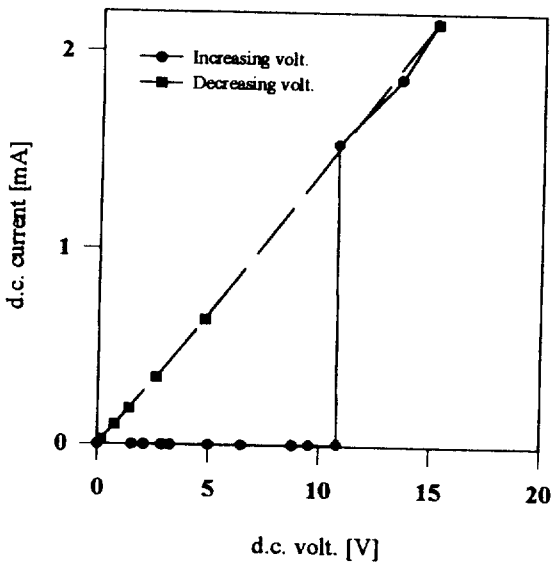


그림 13 d.c. 스위칭 I-V 특성 곡선  
(두께 : 1.2 μm, 열처리온도 : 100°C, 열처리 시간 : 3시간, 전극간 거리 ; 5mm)

Fig. 13 d.c. switching I-V characteristic curve  
(thickness : 1.2 μm, annealing temp : 100°C, annealing time : 3hrs, electrode distance : 5mm)

시간 동안 열처리 한 후 전극간 거리가 2mm일 때 측정된 I-V 곡선이다. 임계전압은 4V였다.

그림 12는 두께 0.85 μm의 박막을 100°C에서 5시간 동안 열처리 한 후 전극간 거리가 2mm일 때 측정된 I-V 곡선으로 임계전압은 3.5V였으며, 열처리 시간이 3시간인 경우보다 임계전압

이 감소하였음을 관찰하였다. 이러한 현상은 증착 직후의 박막이 열처리에 의해서 구조적인 안정화가 증대되기 때문으로 추정된다.

그림 13은 두께 1.2 μm의 박막을 100°C에서 3시간 동안 열처리 한 후 전극간 거리가 5mm일 때 측정된 I-V 곡선으로 임계전압이 11V로 측정되었으며, 두께 0.85 μm의 경우보다 임계전압이 크게 증가하고 스위칭 후 전류가 1.45mA로서 0.85 μm의 경우보다 크게 증가함을 관찰하였다.

이와같이 박막 두께가 증가할수록 임계전압이 증가함을 알 수 있었으며, 스위칭 후 전류도 증가하였음을 관찰하였다. 그리고 열처리 시간이 증가할수록 임계전압이 감소함을 관찰하였으며 측정시 전극간 간격이 증가할수록 임계전압이 증가함을 관찰하였다. 또한 각 두께에서의 열처리 온도는 두께가 증가할수록 낮은 열처리 온도에서도 스위칭 특성이 나타남을 관찰하였다.

#### 4. 결 론

As<sub>10</sub>Ge<sub>15</sub>Te<sub>75</sub> 비정질 박막의 물리적 특성과 d.c. 바이어스 하에서의 메모리 스위칭 특성을 실험을 통하여 알아 보았다. 물리적인 특성으로서 주파수 100kHz에서 CBH 모델에 의한 결합 준위밀도는 약  $1.328 \times 10^{20} [\text{cm}^{-3}]$ 이었으며, 특성이완시간은 약  $6.792 \times 10^{-7} [\text{s}]$ 으로 측정되었다. 그리고 QMT 모델에 의한 localized wavefunction은 이동도단으로부터 약 0.18eV 떨어진 에너지준위에서 약 8400[A]으로 측정되었다. 그리고 박막의 주파수 의존성 실험으로부터 주파수가 증가할수록 a.c. 전도도는 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 특성은 As<sub>10</sub>Ge<sub>15</sub>Te<sub>75</sub> 비정질 박막이 마이크로웨이브 영역의 주파수 영역에서 메모리 스위칭 소자로서 사용될 가능성을 나타내는 것이다. 또한 d.c. 바이어스에서의 메모리 스위칭 특성으로서 박막 두께와 전극간격이 증가할수록 임계 전압은 증가하였으며, 열처리에 의해 임계전압을 감소시킬 수 있다. 따라서 스위칭 특성은 소자의 구조와 처리 방법에 의존함을 알 수 있었다. 이상의 실험을 통한 결과로부터 본 실험에서 사용된 As<sub>10</sub>Ge<sub>15</sub>Te<sub>75</sub> 비정질 박막은 메모리 스위칭 특성을 나타내었으므로 집적화를 요구하는 MIC(Microwave Integrated Circuits)으로의 응용에 적합하다고 생각된다.

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공 동연구소 주관으로 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] M. Pollak, Phil. Mag., Vol. 23, pp. 519, 1976.
- [2] H. K. Rockstad, J. non-cryst. solids. Vol. 2, pp. 224, 1970.
- [3] A. Hamada, M. Saito, and M. Kikuchi, "Energy Gap Discrepancy in Amorphous semiconductors of As-Te-Ge System", Japan. J. Appl. Phys. Vol. 10, pp. 530~532, 1971.
- [4] T. Matsushita, T. Yamagami, and M. Okuda, "Switching Phenomena Observed on Ge-Se-In System", Japan. J. Appl. Phys. Vol. 11, pp. 422, 1972.
- [5] H. B. Chung, Y. H. Kim, B. K. Shin, "A Study on the

- Nonvolatile Memory Effect of Amorphous As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> Thin Film utilizing Photodoping Method" Trans. of KIEE, Vol.34, No.6, pp238-243, 1985.
- [6] T. Matsushita, T. Yamagami, and M. Okuda, "Filamentary Paths Formed on Surfaces of the Chalcogenide Glasses", Japan. J. Appl. Phys. Vol. 11, No. 7, pp. 923~930, 1972.
- [7] T. Matsushita, T. Yamagami, and M. Okuda, "Compositional Dependency of the Filamentary Paths Formed on the Surface of the Chalcogenide Glasses", Japan. J. Appl. Phys. Vol. 10, pp. 1283~1284, 1971.
- [8] R. T. Johnson and R. K. Quinn, "Thermally induced surface and bulk electrical effects in semiconducting Ge<sub>15</sub>Te<sub>80</sub>As<sub>5</sub> glasses", J. Appl. Phys. Vol. 43, No. 9, pp. 3875~3877, 1972.
- [9] S. R. Elliott, "Temperature dependence of a.c. conductivity of chalcogenide glasses", Phil. Mag. Vol. B37, pp. 553, 1978.
- [10] S. R. Elliott, "The mechanism for a.c. conduction in chalcogenide semiconductors: electronic or atomic?", Phil. Mag. Vol. 40, No. 6, pp. 507~511, 1979.
- [11] J. Bicerano and S. R. Ovshinsky, "Chemical Bond Approach to the structures of Chalcogenide Glasses with Reversible Switching properties", J. non-crystall. Solids Vol. 74, pp. 75~84, 1985.
- [12] A. Vohra and K. K. Srivastava, "Microwave Switching and A.C. Conductivity of Memory Glass As<sub>10</sub>Ge<sub>15</sub>Te<sub>75</sub>", phys. stat. sol. (a) 121, 341, 1990.

## 저 자 소 개



**이 현 용 (李賢勇)**

1964년 3월 14일생. 1987년 광운대 공대 전자재료공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전자재료공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전자재료공학과 박사과정 수료



**이 영 중 (李榮鍾)**

1957년 2월 17일생. 1980년 광운대학교 응용전자공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전자재료공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전자재료공학과 졸업(공학). 현재 여주전문대학교 전자과 조교수.



**천 석 표 (千碩杓)**

1971년 9월 3일생. 1994년 광운대 공대 전자재료공학과 졸업. 1994년 현재 동 대학원 전자재료공학과 석사과정



**정 흥 배 (鄭鴻倍)**

1951년 1월 19일생. 1971년 연세대 공대 전기공학과 졸업. 1976년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980년 동 대학원 저니공학과 졸업(공학). 1983년 미국 M.I.T 객원교수. 현재 광운대학교 공대 전자재료공학과 교수