

平成21年 4月 17日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19760003

研究課題名（和文） 相変化記録における高速スイッチングのメカニズム解明

研究課題名（英文） Mechanism of high-speed switching in phase change recording

研究代表者

後藤 民浩（GOTOH TAMHIRO）

群馬大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：10311523

研究成果の概要：

カルコゲナイド材料を用いた相変化電気メモリーにおいて繰り返し記録の信頼性の向上は重要な課題である。信頼性の向上のためには高電界における伝導機構の理解が求められる。しかしながら高速結晶化が可能な新しい材料の高電界現象の詳細は不明である。そこで、アモルファス  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  薄膜の高電界特性を調べ、伝導機構についてモデルを提案することを目的とする。試料は直流スパッタ法によりアモルファス  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  薄膜を作製した。ギャップ間隔  $10 \cdot \text{m}$  のプレーナー型の電極配置とし、電極材料にはAuを用いた。電圧の印加条件や測定温度を変えて電流電圧特性を測定し、特に高電界領域における特性の変化（プレススイッチング領域）に注目した。平成19年度に設備備品として購入したデジタルオシロスコープにより、高速スイッチングの詳細な観測を行ない、さらに、熱処理によるスイッチング特性の変化について調べた。電流電圧特性には  $10^6 \text{ V/m}$  以上で非線形領域への遷移が見られる。スイッチングが生じる電界以下では、高電界を印加後、電圧を降下させてもスイッチングや結晶化のようなヒステリシスは見られなかった。高電界領域で  $\log I$  vs  $V^{1/2}$  プロットには良い直線性が確認できた。一方、266 Kから323 Kまで試料温度を変えたとき、 $\log I$  vs  $V^{1/2}$  プロットの傾きには正の温度依存性が見られた。これらの実験結果より  $10^6 \text{ V/m}$  以上の電気伝導にはPoole-Frenkelタイプのようなトラップからの電子放出が関わっている可能性がある。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,200,000	0	2,200,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	270,000	3,370,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 応用物性・結晶工学

キーワード：非晶質、相変化記録

## 1. 研究開始当初の背景

新しい概念に基づく高性能メモリーの必要性が増している。携帯型オーディオやICタグなどメモリーの使用環境が多様化し、あらゆる領域で使用可能な万能型メモリーが求められているからである。その中でも結晶-アモルファス相変化記録は、DVDなどの書き換え可能な光メモリーとして実用化され、性能向上と動作原理の理解が進んでいる。最近では光メモリー用に開発された数十nsで動作する高速相変化材料を用いて電気メモリーの実現を目指す動きがあり、不揮発性で高速動作が可能な万能型電気メモリーの有力な候補といえる。

実用化への期待が膨らむ一方、物性物理の視点でとらえると数十nsという短時間で抵抗値が変化する相変化過程には不明な点が多く残されている。例えば、Ge-Sb-Teなどの高速相変化材料は光メモリーへの使用を想定して開発された材料であり、電子物性のデータが十分ではない。さらに、書き込み時の高電界における電気伝導や結晶成長機構などはほとんど調べられていない。

## 2. 研究の目的

カルコゲナイド材料を用いた相変化電気メモリーにおいて多数回の書き換えを行なった際に抵抗値のばらつきがみられるなど、記録の信頼性に問題が残されている。原因として書き込み時の電流値のばらつきが考えられ、問題の解決が求められている。しかしながら高速結晶化が可能な新しい材料の電気伝導特性、特にメモリー動作の前段階である高電界領域の伝導機構については不明な点が多い。そこで、カルコゲナイド系高速結晶化材料のひとつである $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 薄膜の高

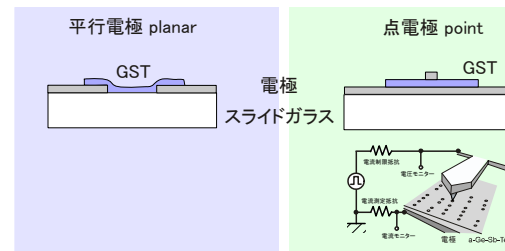


Fig.1 Experimental setup for current voltage measurement.

電界現象について調べ、その電気伝導機構の解明を目指す。さらに高速スイッチング過程の実時間計測システムを構築し、素子表面で進むスイッチング過程や結晶成長、融解の様子を光反射率変化として視覚的に捕らえることを目標とする。

## 3. 研究の方法

直流スパッタ法によりアモルファス $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (GST) 薄膜を作製した。点对平板型および平行平板型の電極として直流スパッタ法および真空蒸着法によりAu電極を形成した。点对平板の点電極には原子間力顕微鏡の導電性プローブを用いた。平行平板型の電極のギャップ間隔はおよそ $10 \cdot \text{m}$ である。電源を内蔵したデジタルエレクトロメーター（アドバンテスト、8252）を用い、LabVIEWで作成した自動測定プログラムによるコンピュータ制御を行ない、電圧の印加条件や測定温度を代えて電流-電圧特性を測定した。本研究では結晶化の前段階であるスイッチング電圧以下の高電界領域（プレススイッチング領域）における特性の変化に注目した。

## 4. 研究成果

Fig. 2は電界強度に対する電流密度のグラ

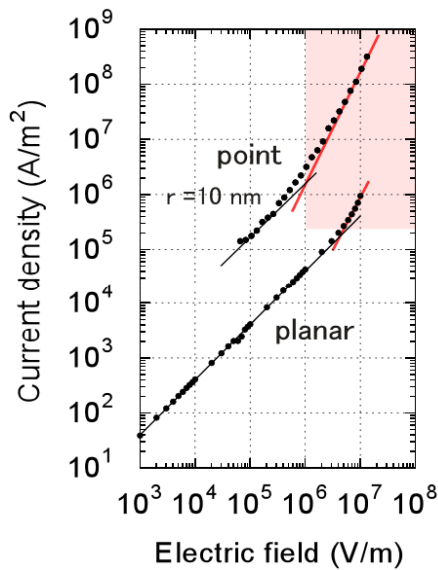


Fig.2 Current density vs electric field of amorphous  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  films.

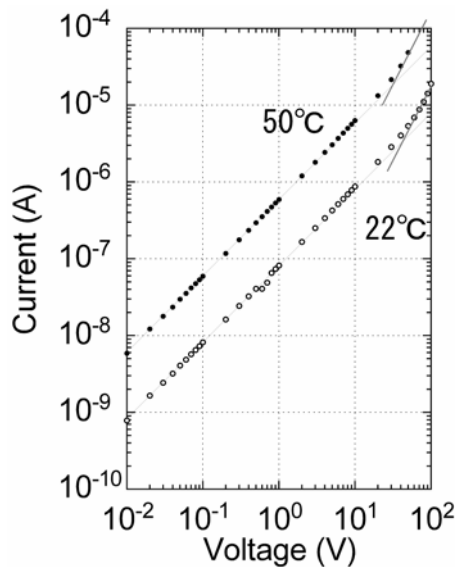


Fig.3 Temperature dependence of current voltage characteristics of amorphous  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  film.

フである。点对平板、平行平板の電極配置ともに低電圧領域ではオーム則に従うが、 $10^6 \sim 10^7$  V/mにおいて非線形領域への遷移が見られる。そのときの電流密度は  $10^5 \sim 10^7$  A/m<sup>2</sup>であった。この条件の範囲内で電圧を降下さ

せてもスイッチングや結晶化のようなヒステリシスは見られない。このことから非線形領域の電圧印加条件ではアモルファス状態を維持している（結晶化していない）と考えられる。また、電極配置の対称性が異なり、電極間のギャップ長は 100 nm(点对平板)と  $10 \cdot \text{m}$ (平行平板)と 100 倍の違いがあるが、非線形領域へのしきい電界強度がほぼ等しいことがわかった。Fig. 3 は平行平板試料の 300 Kと 323 Kにおける電流－電圧特性である。どちらも低電圧領域ではオーム則に従うが、10 V以上 ( $10^6$  V/m)では非線形領域への遷移が見られる。以上のように高電界領域で  $\log I$  vs  $V^{1/2}$ プロットには良い直線性が確認できた。一方、266 Kから 323 Kまで試料温度を変えたとき、 $\log I$  vs  $V^{1/2}$ プロットの傾きには正の温度依存性が見られた。これらの実験結果より  $10^6$  V/m以上の電気伝導にはPoole-Frenkelタイプのようなトラップからの電子放出が関わっている可能性がある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3件)

① T. Gotoh, Characteristics at high electric fields in amorphous  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  films, Journal of Non-Crystalline Solids, 354 (2008) 2728. 査読有

② Zhenhua Shen, M. Eguchi, T. Gotoh, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, Localized oxidation influence from conductive atomic force microscope measurement on nano-scale I-V characterization of silicon thin film solar cells, Thin Solids Films, 516 (2008) 588. 査読有

③ Zhenhua Shen, T. Gotoh, M. Eguchi, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, Study of nano-scale electrical properties of hydrogenated microcrystalline silicon solar cells by conductive atomic force microscope, Japanese Journal of Applied Physics, 46 (2007) 2858. 査読有

〔学会発表〕(計 6件)

- ①川原井健太、後藤民浩、アモルファス  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  薄膜の結晶化速度－熱処理効果－、第 56 回応用物理学会関係連合講演会 2009. 3. 31、つくば
- ②後藤民浩、川原井健太、アモルファス  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  薄膜の高電界現象、群馬大学 ATEC－アドバンストマイクロデバイスの研究開発－平成 20 年度研究成果報告会 2009. 3. 19、桐生
- ③後藤民浩、薄膜試料の高感度光吸収測定技術、イノベーション・ジャパン 2008 新技術説明会、2008. 9. 18、東京・有楽町（東京国際フォーラム）
- ④後藤民浩、新しい光熱分光法と応用、第3回首都圏北部4大学新技術説明会、2008. 4. 25、栃木県小山市
- ⑤後藤民浩、アモルファス  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  薄膜の高電界現象のモデル、第 55 回応用物理学会関係連合講演会 2008. 3. 29、船橋)
- ⑥山本 芳樹、後藤 民浩、市川 裕之、川上 知宏、小川 俊輔、吉田 憲充、野々村 修一、近接場光学顕微鏡による a-Si:H 薄膜太陽電池のナノスケール発電評価、第 65 回秋季応用物理学会学術講演会 2007. 9. 4、札幌

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

後藤 民浩 (GOTOH TAMIHIRO)  
群馬大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：10311523

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：