

(様式第 5 号)

実施課題名 ※ 超格子型相変化材料の熱負荷下における X 線回折測定と超格子膜の最適化

Structure analysis of superlattice phase change materials on thermal stress by XRD measurements and its optimization.

著者・共著者 氏名 大柳孝純、北村匡史
English Takasumi Ohyanagi and Masahito Kitamura

著者・共著者 所属 超低電圧デバイス技術研究組合
English Low Power Electronics Association & Projects

- ※ 1 先端創生利用(長期タイプ、長期トライアルユース)課題は、実施課題名の末尾に期を表す(I)、(II)、(III)を追記して下さい。
- ※ 2 利用情報の開示が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後二年以内に研究成果公開(論文(査読付)の発表又は研究センターの研究成果公報で公表)が必要です。(トライアルユースを除く)

1. 概要 (注：結論を含めて下さい)

前回(課題番号 1210116R)実施した GeTe/Sb₂Te₃ 超格子相変化膜の高温状態での挙動評価では、試料調整法の課題から室温と比較して 400°C で XRD スペクトルが変化する結果を得た。今回、試料調整法を見直し、400°C での挙動を調査した。その結果、400°C において $2\theta < 10^\circ$ の場所に超格子の周期性を反映した XRD スペクトルを得ることができ、GeTe/Sb₂Te₃ 超格子相変化膜が 400°C においても安定であることが確かめられた。

(English)

In our former experiment (theme no.1210116R), we carried out X-ray diffraction (XRD) spectroscopy measurements of superlattice films at the temperature of 400°C, and transmission electron microscopy (TEM) measurements of these films. As a result, we found that some XRD peaks were changed before and in the measurements at 400°C. From TEM measurements, the metal overlay on the superlattice films were peeling off at a part of the films and a part of the superlattice film were sublimed.

2. 背景と目的

最近ビックデータが注目を集めているが、データセンター用ストレージの電力削減が課題となっている。データセンターに用いられる SSD のフラッシュメモリは性能限界に近付いており、代替メモリの開発が急務である。我々は代替メモリの候補の一つである相変化メモリに着目して開発を進めている。特に、超格子型の相変化メモリ¹⁾²⁾は原子の移動のみで高抵抗/低抵抗状態を遷移するとされ、高速で低消費電力のメモリの実現を可能とする。超格子型相変化メモリは、検討機関が少ないため、その性質等の情報もあまり明らかになっていない。前回実験ではメタル保護膜の剥離からと考えられる XRD スペクトルの変化が見られた。今回は、試料調整法を見直し、超格子膜の高温下での挙動を 400°C の高温での XRD 測定で評価した。

3. 実験内容(試料、実験方法、解析方法の説明)

試料は、Sb₂Te₃ と GeTe を繰り返し成膜した超格子膜である(図 1)。超格子型相変化メモリは結晶-結晶遷移動作するため、試料の成膜時に結晶化する必要がある。そこで、超格子の成膜温度は 240°C とした。

今回の実験では、試料調整法を見直し、XRD 測定を実施した。

本実験では室温で超格子膜を XRD 測定した後、昇温して XRD 測定を実施した。X 線波長は 1.54 Å、out-of-plane 測定を行った。



図 1 試料の構造

4. 実験結果と考察

図2に示したのは、室温での超格子膜の XRD スペクトルを $2\theta = 4^\circ \sim 10^\circ$ の範囲で拡大したものである。一方、図3には超格子膜1ユニット分の原子構造を示した。この構造を RIETAN-FP³⁾を用いたシミュレーションスペクトルで解析したところ、図2に示した XRD スペクトルには、Sb₂Te₃ からのスペクトルとともに、図3に示した超格子膜の構造を反映した XRD スペクトルが含まれていることが分かった。⁴⁾一方、図4には 400℃の温度で測定した超格子膜の XRD スペクトルを示した。 $2\theta < 10^\circ$ の領域に超格子構造を反映した XRD スペクトルが確認できた。従って、400℃の高温下でも超格子膜は安定であることが、XRD 測定により確認できた。XRD スペクトルの強度の違いは、熱による原子の運動によるものである。また、本実験は本来 2013 年 5 月に実施する予定であったが、検出器の故障、ビームラインの不具合等により、XRD の実験を実施できなかったのが、2014 年の 1 月となってしまった。図2に示した XRD スペクトルは 2013 年 5 月に準備した試料の XRD 測定結果である。この間、試料は特にデシケーター等の低湿度、温度コントロール等がされた環境に保存したわけではなく、通常の部屋で保管していただけであった。長期間に渡って、超格子膜が安定であることも確認できた。

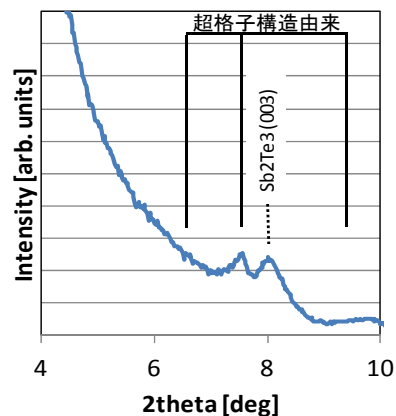


図2 室温での XRD スペクトル

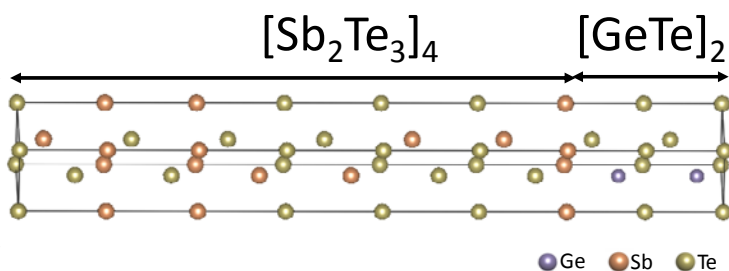


図3 超格子膜の原子構造モデル

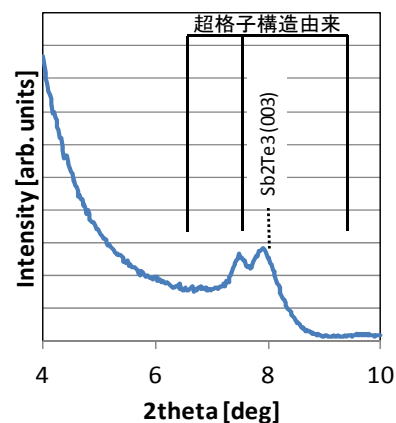


図4 400℃での XRD スペクトル

5. 今後の課題

XRD スペクトルを利用した超格子構造の解析を進めることにより、超格子相変化メモリの動作原理を明らかにしていきたいと考えている。

6. 参考文献

- 1) R.E.Simpson, et. al.: Nature Materials. 6 p.501 (2011).
- 2) J.Tominaga, et.al.: Jpn. J. Appl. Phys. 47 p. 5763 (2008).
- 3) F.Izumi, et. al.: Solid State Phenim. 130 p.15 (2007).
- 4) T.Ohyanagi, et. al.: IEDM Tech Dig., 30.5 (2013).

7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

T.Ohyanagi et. al.: IEDM Tech Dig., 30.5 (2013).

8. キーワード (注: 試料及び実験方法を特定する用語を2~3)

超格子相変化メモリ、高温 XRD 測定

9. 研究成果公開について (注: ※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消して下さい。また、論文(査読付)発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入して下さい(2012年度実施課題は2014年度末が期限となります。))

論文(査読付)発表の報告

(報告時期: 2014年 5月を予定)