

蛍光 X 線ホログラフィーによる DVD 材料薄膜の  
三次元原子イメージ  
**Three-dimensional atomic image of DVD material measured by X-ray  
fluorescence holography**

細川伸也<sup>a</sup>, 林好一<sup>b</sup>, 八方直久<sup>c</sup>

S. Hosokawa<sup>a</sup>, K. Hayashi<sup>b</sup>, N. Happo<sup>c</sup>

<sup>a</sup>広島工大, <sup>b</sup>東北大金研, <sup>c</sup>広島市大情報

<sup>a</sup>Hiroshima Institute of Technology, <sup>b</sup>Tohoku University, <sup>c</sup>Hiroshiam City University

将来的に DVD-RAM 材料である  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  単結晶薄膜の、Sb および Te のまわりの三次元原子イメージを構築するために、高エネルギー蛍光 X 線ホログラフィーの実験方法の開発を行った。これらの蛍光 X 線は、従来と比べてエネルギーが極めて高いので、円筒形グラフィット分光器を用いて、二次の回折による X 線エネルギーの分析を行った後、高エネルギーの X 線が検出可能な高速の YAP 検出器を用いて測定を行った。標準試料として ZnTe 単結晶を用いて、Te  $K\alpha$  蛍光 X 線ホログラムの収集を試み、十分な強度の蛍光 X 線を得たが、従来の低エネルギー蛍光 X 線ホログラムと比較して角度変化が小さく、得られた原子イメージの精度は不十分であった。

In order to obtain three-dimensional local structural images around the Sb and Te atoms in DVD-RAM material,  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ , in the near future, high-energy X-ray fluorescence holography technique was developed by using a second harmonic reflection of a cylindrical graphite energy analyzer and a YAP detector. A ZnTe single-crystal was used for the test of this equipment. Although large counts of the Te  $K\alpha$  fluorescence X-rays could be detected, its modulation was not clear enough for constructing a three-dimensional image around the Te atoms.

キーワード high-energy X-rays, holography, local structure

## 序

近年、書き換えが可能な光学メモリー (DVD-RAM) は、大容量のデータを記録するためにさまざまな分野で用いられている。このメディアの記録、消去は、メディアを構成する物質、 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  薄膜などの、レーザー光誘起結晶-アモルファス相転移による光学的性質の変化によることはよく知られている。薄膜結晶  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  の結晶構造は、Yamada ら[1]による粉末結晶構造解析によって調べられており、準安定な面心立方晶形であることがわかっている。また、Kolobov らによる XAFS 測定[2]により、薄膜単結晶は歪んだ岩塩構造

をとるらしいことを見出した。さらに彼らは、レーザー光誘起によるアモルファス化は、Ge 原子が結晶中の八面体配位からアモルファス中での四面体配位へ、「アンブレラ・フリップ」(傘が風で裏返るような動き)によって起こると推測した。

X 線蛍光ホログラフィー (XFH) は、特定の元素のまわりの原子配列の 3 次元イメージを描くことのできる新しい構造解析手段である。最近我々は、Ge 原子のまわりの局所構造を描き出す実験を、SPring-8 で行い[3]、以前予想されていた歪んだ岩塩構造だけでなく、Ge のまわりに Te が四面体配位している構造

が存在することが明らかとなった。この研究に引き続き、本研究では他の構成元素である Sb あるいは Te のまわりの三次元原子配置イメージを将来的に得るため、ZnTe 標準試料を用いた高エネルギーXFH 実験技術の開発を行った。

### 実験方法

蛍光 X 線ホログラムは、Te  $K\alpha$  (27.471keV) 蛍光 X 線を、前回と同様な多目的回折計を用いて、入射 X 線に対して試料の角度  $\theta$  を  $0^\circ$  から  $70^\circ$  まで  $3/4^\circ$  刻み、角度  $\phi$  を  $0^\circ$  から  $360^\circ$  まで  $1/3^\circ$  刻みで回転させ、インバースモードで強度を測定した。Te  $K\alpha$  蛍光 X 線は、これまでと比べてエネルギーは極めて高いので、円筒形グラファイト分光器を用いて二次の回折によるエネルギー分析を行った後、高いエネルギー X 線が検出可能な高速の YAP 検出器を用いて測定を行った。入射 X 線エネルギーは、32keV から 35keV までおよそ 0.5keV 間隔で変化させてデータを収集した。

### 結果と議論

Fig. 1 に得られた入射 X 線エネルギー 32.0 keV で測定したホログラムを示す。測定機器の調整などにより十分な強度の蛍光 X 線を得たが、従来の低エネルギーホログラムと比較して角度変化が小さい。Fig. 2 に、このホログラムからバートンのアルゴリズムで構築した原子イメージの再生像を示す。○は Zn の原子位置を示す。得られた原子イメージの精度は従来の低エネルギーXFH と比較して不十分であり、高エネルギーXFH 特有の実験的な問題があると思われる。今後、技術開発を行い、当初の目標である DVD 材料の Te およ

び Sb のまわりの 3 次元局所原子配列イメージの構築を行いたい。

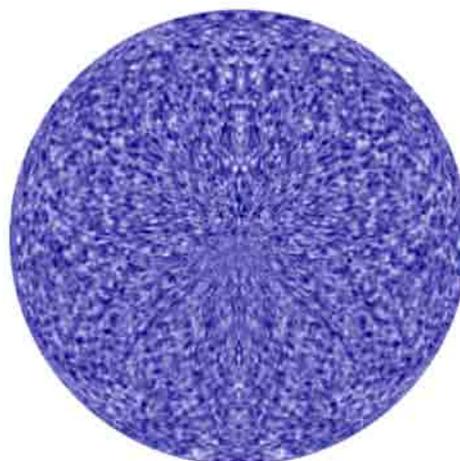


Fig. 1 Te  $K\alpha$  fluorescence hologram of ZnTe crystal.

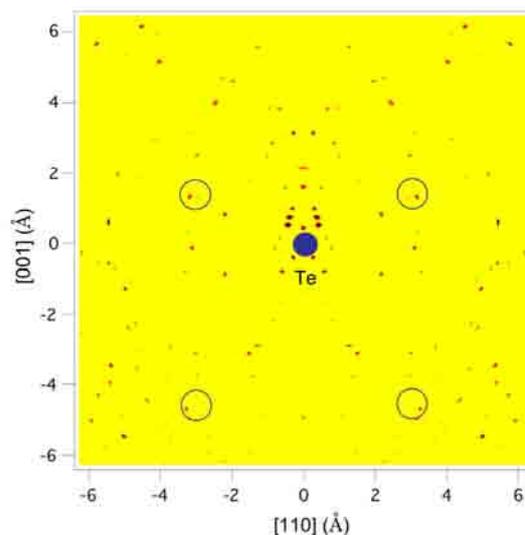


Fig. 2 Atomic image on the (110) plane around a Te atom

- [1] N. Yamada et al., J. Appl. Phys. 69, 2849 (1991).
- [2] A. V. Kolobov et al., Nature Materials 3, 703 (2004).
- [3] S. Hosokawa et al., Appl. Phys. Lett. 90, 131913 (2007).