透過X線回折による シリコン上のビスマス薄膜成長と界面構造のリアルタイム観察

Real-time observation of bismuth thin-film growth on silicon and its structure at the interface

高輝度光科学研究センター [1] ○田尻 寛男 [1]
JASRI/SPring-8[1] ○Hiroo Tajiri[1]
E-mail: tajiri@spring8.or.jp

基板結晶上の結晶成長の様子や表面・界面構造を非破壊で評価する手法として、我々が開発した透過X線回折 [1] による方法を紹介する。本手法では、放射光X線を厚さ数ミクロン程度の薄い基板試料表面に垂直入射し、透過した回折パターンを測定することで、基板結晶のブラッグ反射より10桁程度強度の弱い表面回折・散乱を従来法の10倍以上の高効率で計測することができる。広い逆空間、特に面内方向を一度に観察できるため、汚染されやすく寿命の短い表面超構造や結晶成長の素過程観察など迅速な計測が要求される系の観察に適した手法である。

実験は、SPring-8, BL13XU でおこなった。観察領域を数ミクロンまで薄膜化したシリコン単結晶基板を用い、通電加熱により作製した Si(111)-7×7 上におけるビスマス薄膜の成長の様子を室温で10秒間隔でリアルタイム観察した。SPring-8 の標準分光結晶よりも広エネルギー帯域のビームが取り出せ利用ビーム強度を倍増できる、非対称反射を利用したシリコン分光結晶 [2] をもちい、10^{13} 光子数/秒を超える入射ビームを活用した。

シリコン上では数原子層しか二次元的成長 (ステップフロー成長) しない多くの金属と異なり、半金属であるビスマスは百原子層程度にわたってステップフロー成長し、しかもその表面は平坦である。ビスマスは非常に長いフェルミ波長 (30 nm 程度) をもつため、薄膜は量子サイズ効果の研究に頻繁に用いられるほか、近年は、その表面の超平坦性が注目されペンタセンなどからなる有機トランジスタ薄膜成長のテンプレートとしても利用されている。

このような多彩な物性を示すビスマス超薄膜であるが、その界面構造についての知見は少ない。界面はビスマスからなるウェッティング層からなり、1×1 の基本周期構造をとると考えられてきた。しかし、長尾ら [3] によって報告されている膜厚に依存した Bi{012} から Bi(001) へのビスマス薄膜の相変化に加え、今回はじめて界面に 7×7 超周期構造が保存されていることを確認した（図 1）。

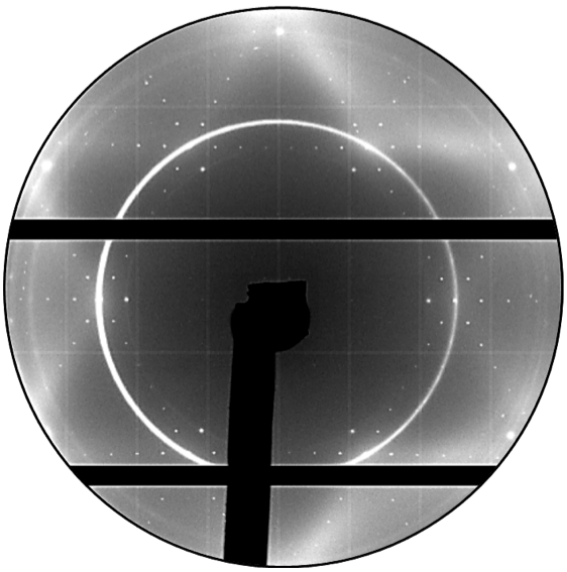

図 1: Bi/Si(111) からの透過 X 線回折像

[1] H. Tajiri, O. Sakata, T. Takahashi, *Appl. Surf. Sci.* **234** (2004) 403.
[2] H. Tajiri, H. Yamazaki, H. Ohashi, S. Goto, O. Sakata, T. Ishikawa, *J. Synchrotron Rad.* submitted.
[3] T. Nagao *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **93** (2004) 105501.