

## 原子層堆積法によるシリコン X 線微細孔工学系の Pt 膜付け加工

### Pt atomic layer deposition for silicon X-ray micropore optics

○ 武内 数馬<sup>1</sup>, 江副 祐一郎<sup>1</sup>, 石川 久美<sup>2</sup>, 沼澤 正樹<sup>1</sup>, 寺田 優<sup>1</sup>, 伊師 大貴<sup>1</sup>, 藤谷 麻衣子<sup>1</sup>, 糸山 隆仁<sup>1</sup>, 大坪 亮太<sup>1</sup>, 福島 碧都<sup>1</sup>, M. J. Sowa<sup>3</sup>, 大橋 隆哉<sup>1</sup>, 満田 和久<sup>2</sup>(1. 首都大, 2. 宇宙研, 3. Ultratech)

○ Kazuma Tkeuchi<sup>1</sup>, Yuichiro Ezoe<sup>1</sup>, Kumi Ishikawa<sup>2</sup>, Masaki Numazawa<sup>1</sup>, Masaru Terada<sup>1</sup>, Daiki Ishi<sup>1</sup>, Maiko Fujitani<sup>1</sup>, Takahito Itoyama<sup>1</sup>, Ryota Ohtubo<sup>1</sup>, Aoto Fukushima<sup>1</sup>, M. J. Sowa<sup>3</sup>, Takaya Ohashi<sup>1</sup>, Kazuhisa Mitsuda<sup>2</sup> (1.TMU, 2.ISAS, 3.Ultratech)

E-mail: takeuchi-kazuma@ed.tmu.ac.jp

本講演では、原子層堆積法 (ALD) により Pt 膜を生成した X 線微細孔光学系の製作と評価について報告する。我々は半導体加工技術を応用したシリコン X 線光学系を開発している (Ezoe et al. 2010 MST, Ogawa et al. 2016 MST)。しかし、シリコンの X 線に対する反射率は小反射角・低エネルギーにおいて小さい。大反射角・高エネルギーの X 線に対する反射率向上を目的として、ALD による Pt 成膜を行い、成膜前後で X 線反射率測定を行った。

サンプルの製作は以下の手順で進行した。Si (111) 基板にドライエッチングを用いて幅 20  $\mu\text{m}$ 、深さ 300  $\mu\text{m}$  の微細孔を円弧状に形成する。反射面平滑化のため、1200  $^{\circ}\text{C}$  の Ar 雰囲気中で 10 hr のアニール処理を行う。ALD により Pt を成膜する。密着性を高めるためのバッファ層として 10 nm の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を成膜し、その後 20 nm の Pt 層を成膜した。 $\text{Al}_2\text{O}_3$  と Pt 成膜レートはそれぞれ 0.4, 1  $\text{\AA}/\text{cycle}$  であり、どちらの層も 200–300  $^{\circ}\text{C}$  で成膜した。Pt プリカーサーには  $\text{MeCpPtMe}_3$  を、パージには  $\text{O}_2$  ガスを用いた。Pt 成膜後の写真を図 1 (a) に示す。

X 線反射率測定は ISAS 5m ビームラインにおいて実施した。結果をシミュレーションと比較することにより表面粗さを見積もった。これを成膜前後で行い、比較・評価した。図 1 (b) と (c) に成膜前後での反射率プロファイルを示す。Al  $K\alpha$  1.49 keV の反射率が  $>1$  deg で向上し、本実験の目的を達成したことがわかる。しかし、成膜により表面粗さが  $\sim 0.6$  nm rms から  $\sim 2.2$  nm rms まで悪化しており、X 線望遠鏡としての目標値  $<1$  nm rms に達していない。なお、低角度側での反射率の低下は、ドライエッチングにより形成される反射面端の突起が原因である。表面粗さ悪化の原因は成膜初期の核形成遅延と考えられる。プラズマ ALD を採用することで核形成遅延が抑制され、粗さ改善が期待できる。

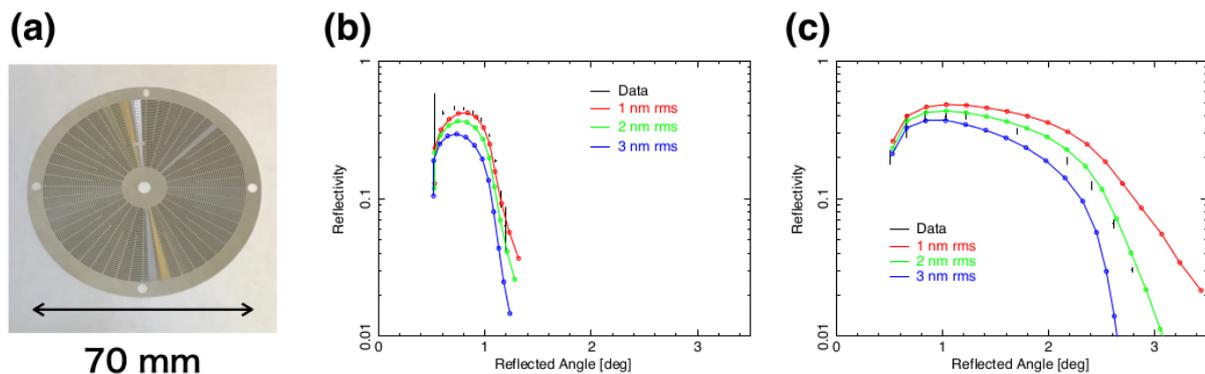


図 1: (a) ALD 後のサンプル。(b) ALD 前の反射率プロファイル。実線は表面粗さごとのシミュレーション結果を表す。実測値のエラーは  $1\sigma$  の標準誤差を示す。(c) (b) と同じ。ただし ALD 後。