

【ポスター発表】 高エネルギー X 線を用いた残留応力解析

BL16B2

(株)豊田中央研究所 山口 聡

様々な素子・部品で金属とセラミックスの接合がある。金属とセラミックスの接合による残留応力を把握するには、X線残留応力測定が行われている。通常のエネルギーの X 線を用いた場合、測定のためには X 線が金属膜を除去または透過できる程度に薄膜化する必要がある。しかしそのような加工は元の残留応力をも変化させてしまう可能性がある。

正確な残留応力を測定するためにはそのままの状態での測定が必要があり、そのためには金属膜を透過するような高エネルギーの X 線を用いることが一つの方法である。

今回、40keV の X 線を用いて、金属(30 μ m)/セラミックス接合体のセラミックスの残留応力を側傾法で測定した。ピークのシフトが確認され、残留応力の測定ができた。

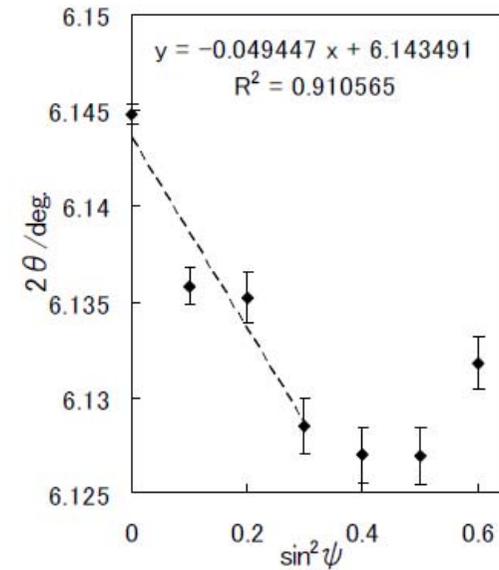
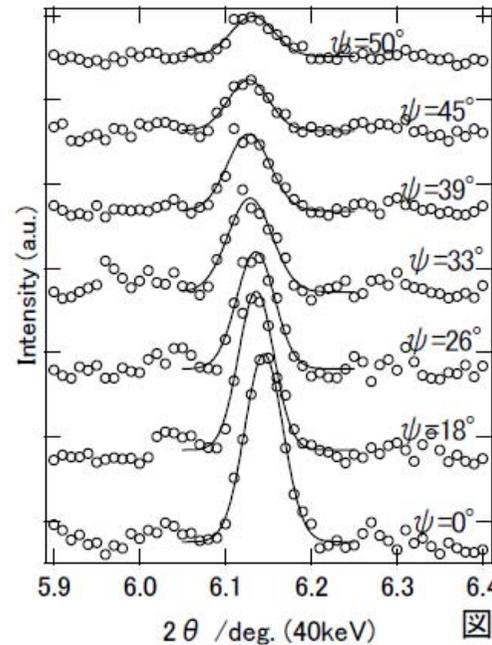


図 側傾法プロファイルと $\sin^2\psi$ - 2θ プロット

第2回SPring-8合同コンファレンス／第10回サンビーム研究発表会

高エネルギーX線を用いた残留応力解析

(株) 豊田中央研究所
山口 聡

概要

金属/セラミックス接合体の金属膜下のセラミックスの残留応力を高エネルギーX線を用いて測定した。

BL16B2

実施課題番号: 2008A5372, 2010A5370

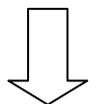
目的:

金属 / セラミックス接合界面の残留応力を評価したい

方法:

X線回折を用いた残留応力測定

- **金属を剥がしてしまつと残留応力が開放 → ×**



- **逐次研磨法(金属を徐々に研磨除去し、逐次X線回折測定)**

低エネルギーX線によるd値評価(2θ大) : ○

評価する深さ : 浅い

応力開放のリスクが高い : ×

- **高エネルギーX線を用いた評価**

応力開放のリスクがない : ○

高エネルギーX線によるd値評価(2θ小) : △

評価する深さ : 深い

非破壊



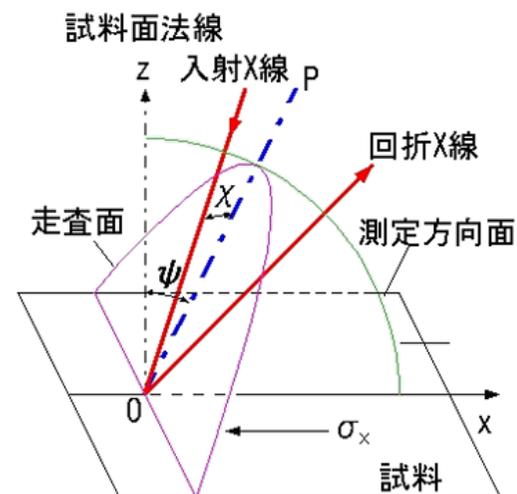
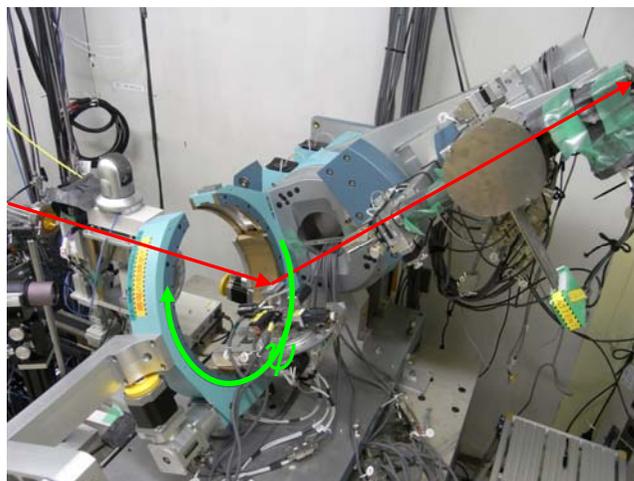
測定方法

高エネルギーX線を用いた残留応力測定

金属膜面からX線を入射し、セラミックスの回折線を捉える

BL16B2

40keV, Si 311, 全反射ミラー無し、ダブルスリット光学系、側傾法($\Psi = 0^\circ, 18^\circ, 26^\circ, 33^\circ, 39^\circ, 45^\circ, 50^\circ$)

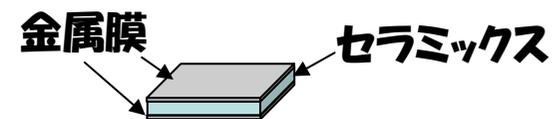


側傾法

試料

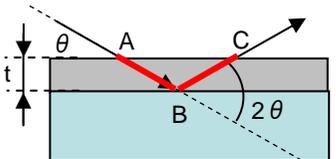
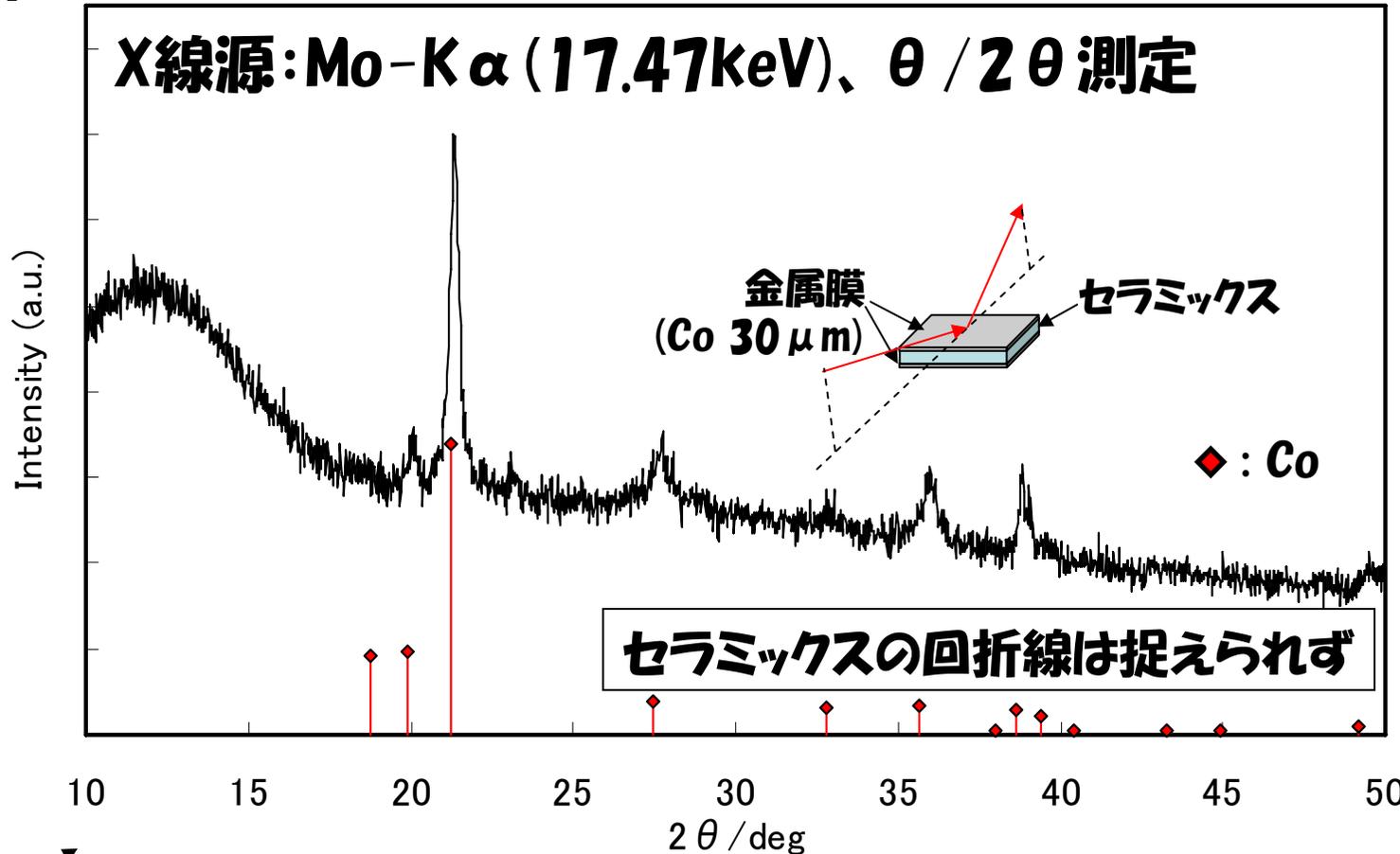
セラミックスと金属膜(鉄系)の接合体

金属膜厚さ ①30 μm , ②10 μm



ラボX線ではできないのか？

X線源: Mo-K α (17.47keV)、 $\theta / 2\theta$ 測定



Mo-K α (17.47keV)で、もしも $2\theta = 12^\circ$
 → ABC($t=30\mu\text{m}$)=500 μm → 透過率は $2 \times 10^{-6}\%$
 → ABC($t=10\mu\text{m}$)=166 μm → 透過率は0.3%

K吸収端前のエネルギーを利用
 Co-K α (7.7keV, $2\theta = 32^\circ$)
 → ABC($t=30\mu\text{m}$)=99 μm , → 0.5%
 → ABC($t=10\mu\text{m}$)=33 μm → 17%

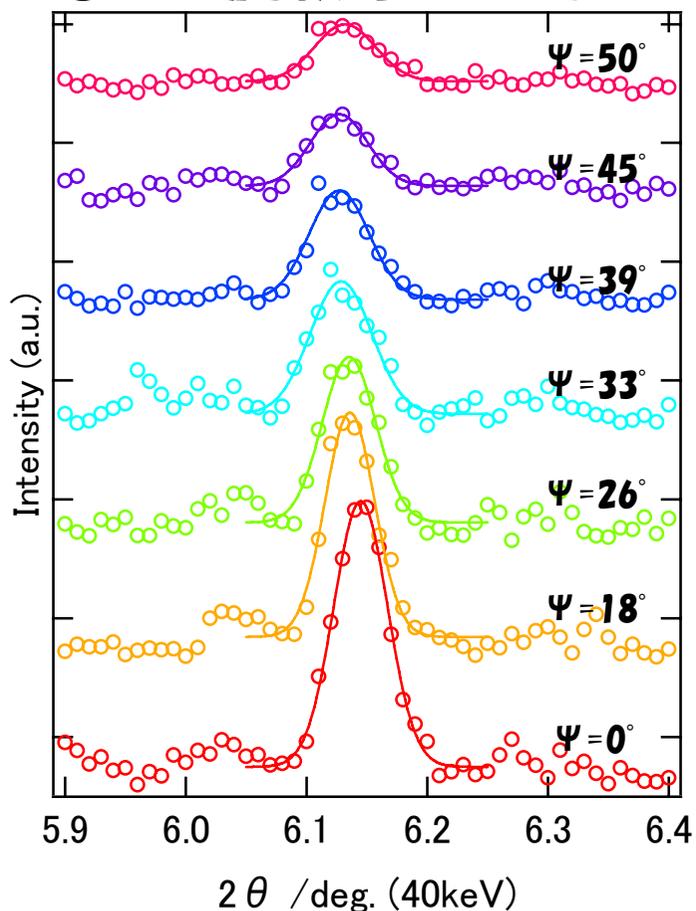
ラボX線では検出不能 → 高エネルギーX線が必要

[Feの場合]

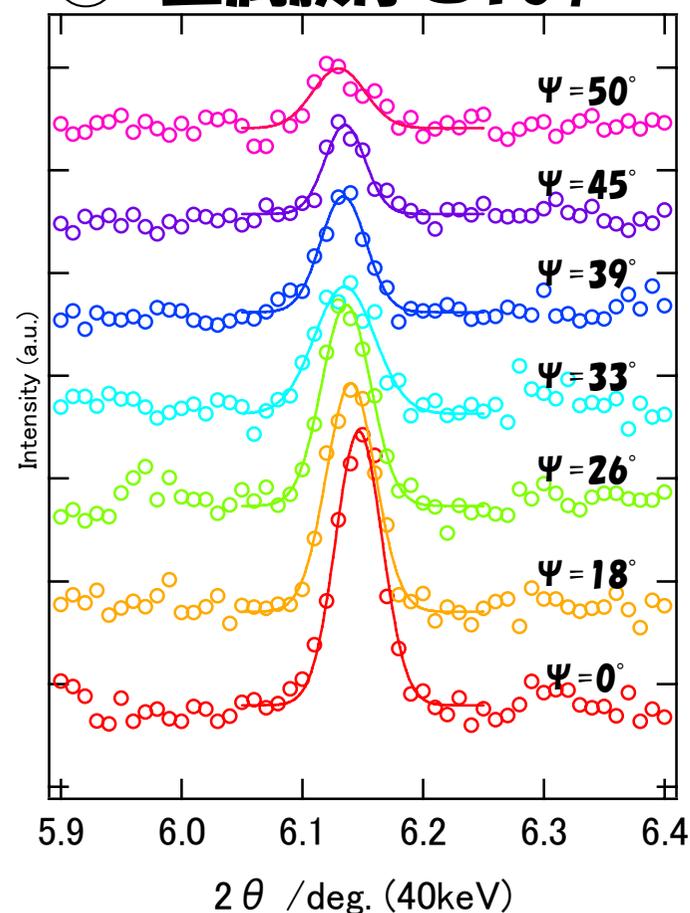
Cu-K α (8.04keV, $2\theta = 23^\circ$) →
 $t=10\mu\text{m}$ (ABC=100 μm) → $5 \times 10^{-9}\%$
 $t=30\mu\text{m}$ (ABC=300 μm) → $1 \times 10^{-29}\%$
 Mo-K α (17.47keV, $2\theta = 12^\circ$) →
 $t=10\mu\text{m}$ (ABC=95 μm) → 6.5%
 $t=30\mu\text{m}$ (ABC=287 μm) → 0.025%

結果

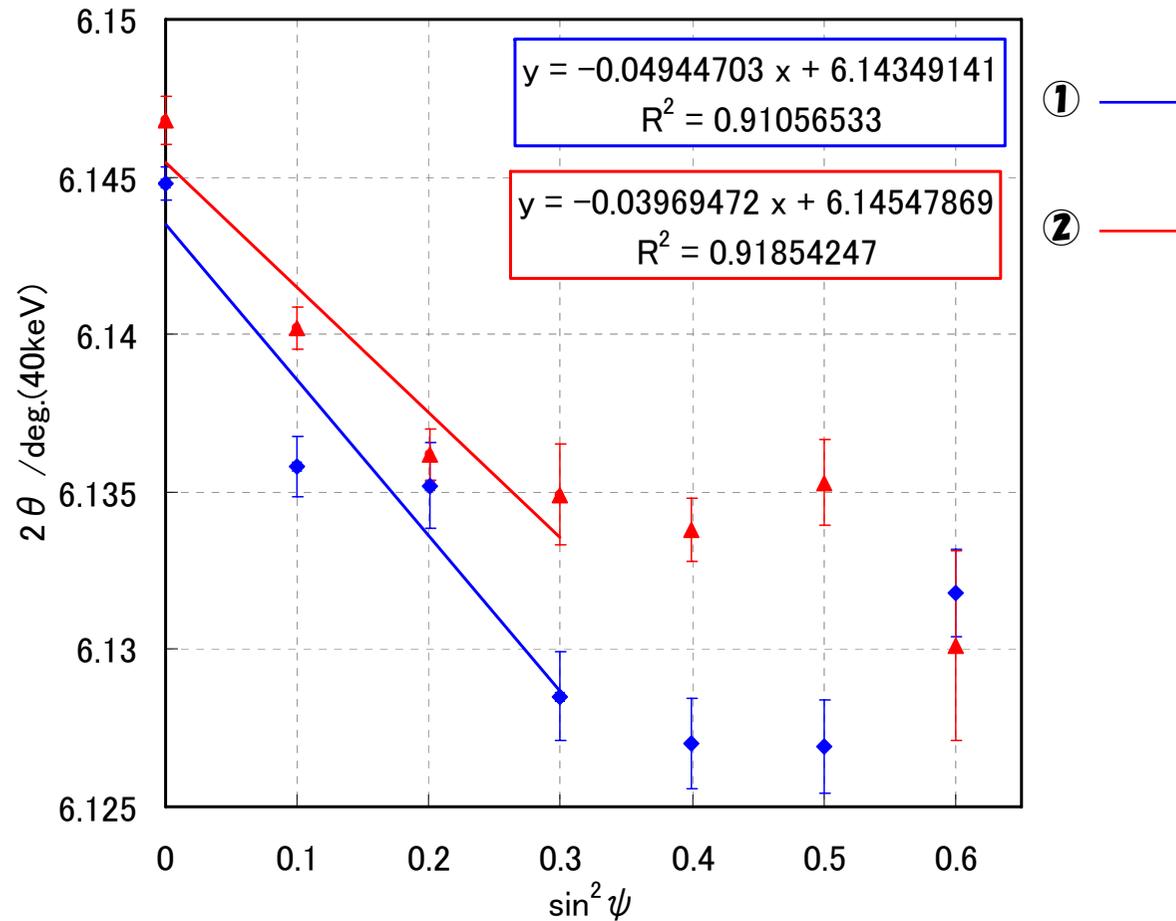
① 金属膜厚さ30 μm



② 金属膜厚さ10 μm



- 金属膜下のセラミックスの回折線を捉えることができた。
- 側傾法により、残留応力によるピークシフトが観察された。



- **ガウス関数でフィッティングし、ピーク位置を抽出。**
- **$\sin^2 \psi - 2\theta$ プロットで非線形性あり**
 $\sin^2 \psi = 0 \sim 0.3$ で線形近似
→材料パラメータより残留応力を算出

まとめ

- **高エネルギーX線を用いて、金属膜下のセラミックスの回折線を捉えることができた。**
- **側傾法により、残留応力起因と考えられるピークシフトが観察された。**

残された課題

- **$\sin^2 \psi - 2\theta$ の非線形性**
 - • **3軸応力状態**
 - **測定深さの変化、急激な応力勾配の存在**
 - **...**