

核融合炉用SiC/SiC-W接合材における界面近傍の反応相評価

Evaluation of reaction phases around the interface between a SiC/SiC composite material and a W metal for fusion reactors

安田 良¹、城 鮎美¹、菫蒲 敬久²、朝倉勇貴³、岸本弘立³、朴 峻秀³

1. 量研機構、2. 原子力機構、3. 室蘭工大



研究概要

核融合炉において、最も過酷な環境に曝されるダイバータ機器に対して、SiC/SiC複合材料とタングステン (W) との接合材の応用が検討されている。これまでの研究から、W-SiC界面近傍において、接合材の機械的特性に大きな影響を及ぼすと考えられるW-C系、及びW-Si系の柱状の反応相が形成されることがSEM/EPMA観察により確認できた。しかし、その反応相形成を制御するために必要な知見である、反応相の化合物同定は出来ていない。本研究では、これら反応相を同定するために、室蘭工業大学で製作されたSiC/SiCとWとの接合材に対して、SPring-8の量研機構専用BL: BL14B1を用いて、エネルギー分散法によるX線回折実験を行った。その結果、SiC/SiCとWとの接合界面近傍において、多数のWCとW₂Cに相当するピークを確認した。一方で、W-Si相に相当する回折ピークは確認できなかった。これらの結果から、SEM/EPMAで観察されたW-C系の反応相は、WC及びW₂Cであることが分かった。また、Siに関しては、回折ピークが確認できなかったことから、上記のWC及びW₂Cへ固溶していること等が考えられる。

背景・目的

SiC/SiC複合材：SiC繊維を3次的に編んだフレームにSiCを充填し、より高剛化した複合材料

特徴：優れた低放射化（低誘導放射能）特性、良好な機械的特性、高融点、比較的高い熱伝導率、加工性、等

→ 次世代の核融合炉の構造材料候補

タングステン (W)：低スパッター特性、低放射化特性、高熱伝導率、高融点、等

→ ダイバータ機器におけるプラズマ対向材料への応用

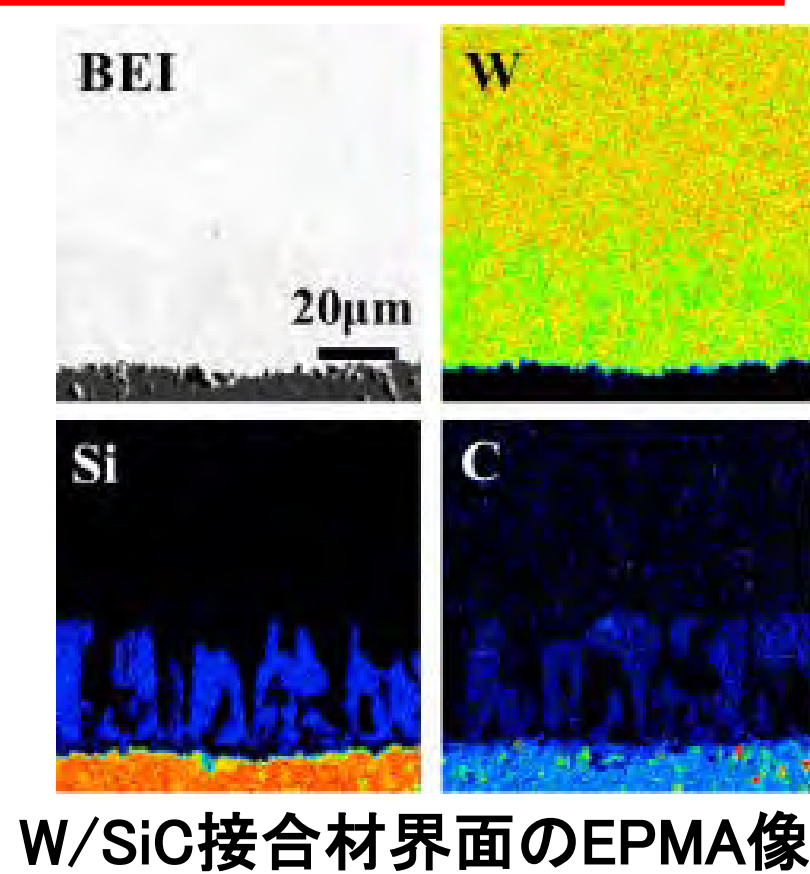
SiC/SiC複合材料とWとの接合

- 高性能のダイバータ機器の開発に寄与
- 熱膨張率差が小さい (W: 4.5×10^{-6} , SiC: 4.1×10^{-6}) ことから、界面近傍に形成される残留応力が小さくなる

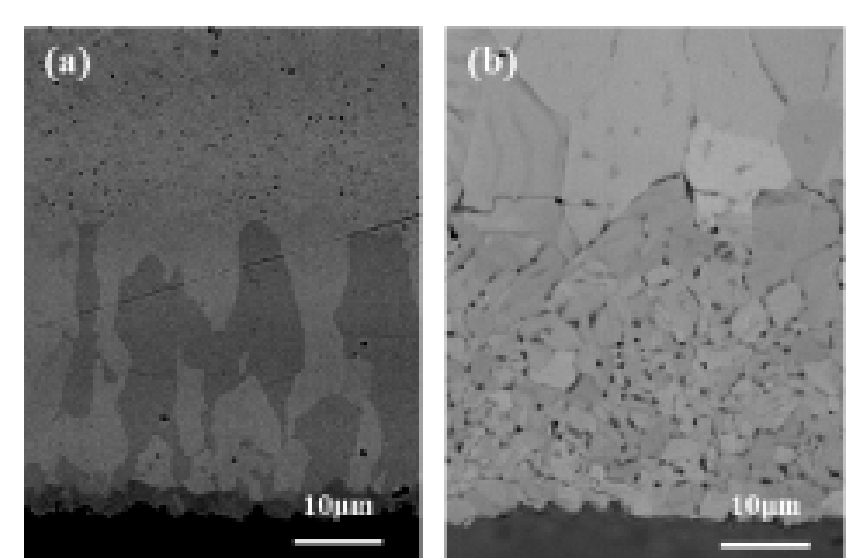
これまでの研究

- 1500°C、20h、20MPa、Ar雰囲気下で接合
- 界面近傍に厚さ約50µmのW-CとW-Siの柱状相が形成。その性状については不明（化合物 or 固溶相?）
- W-Si相が高温処理時に消失
- TEM観察において、W-C相に高密度の転位が確認
- 接合強度は、バラツキがあり、比較的低い傾向

放射光により、X線回折実験を行い、W/SiC接合界面相に形成された反応相を同定する。



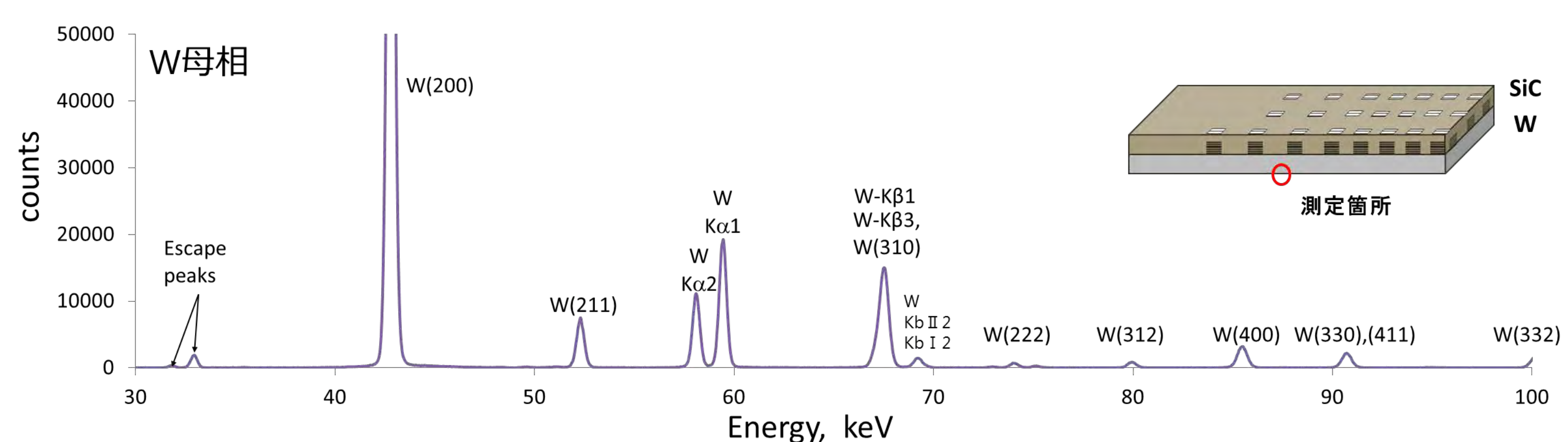
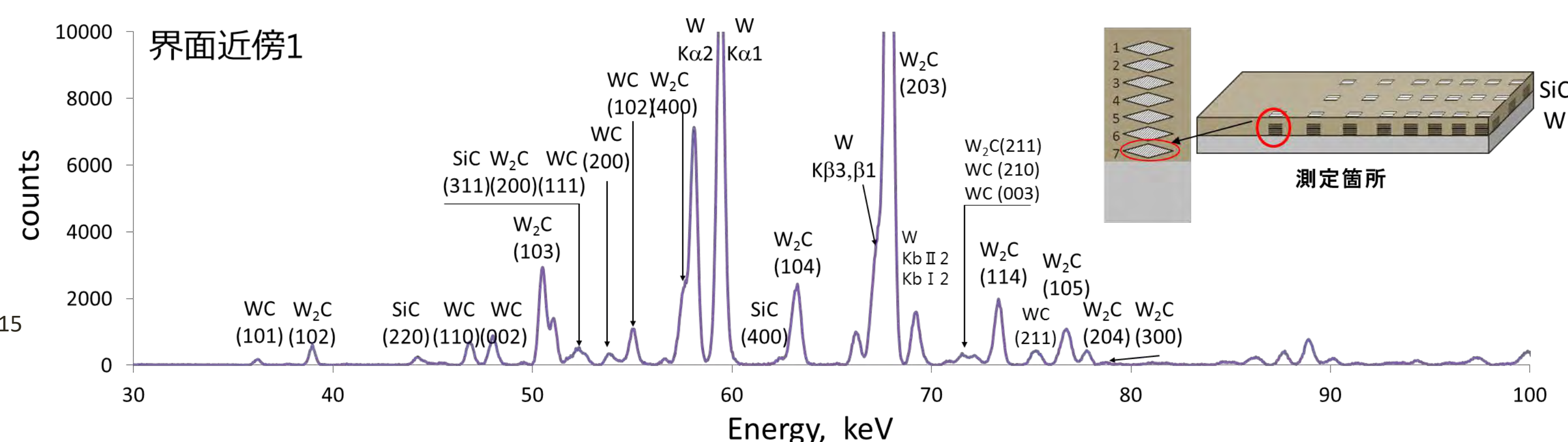
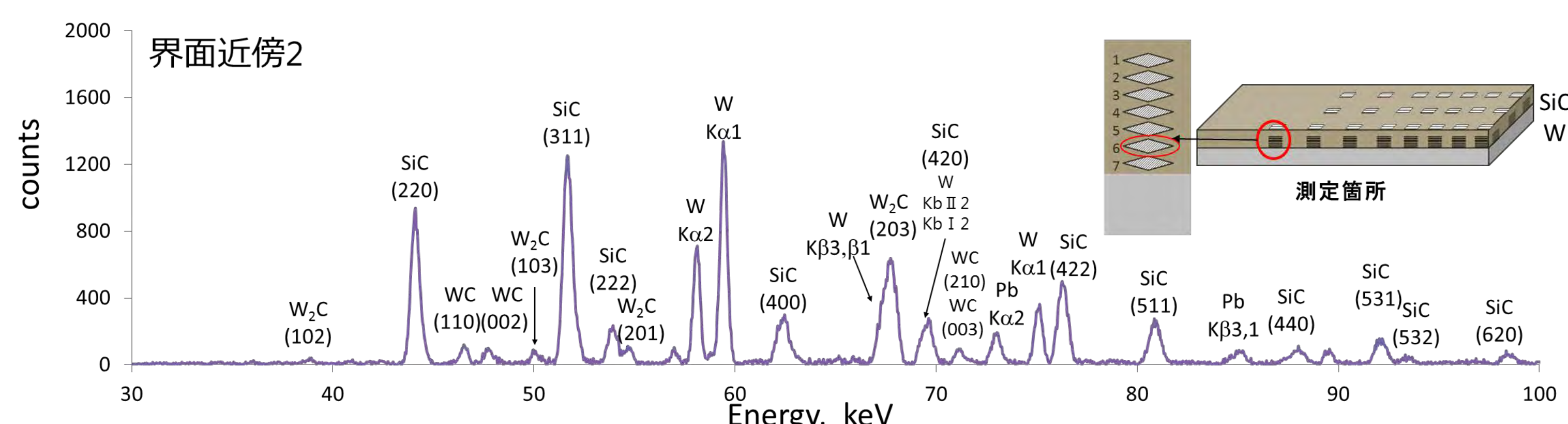
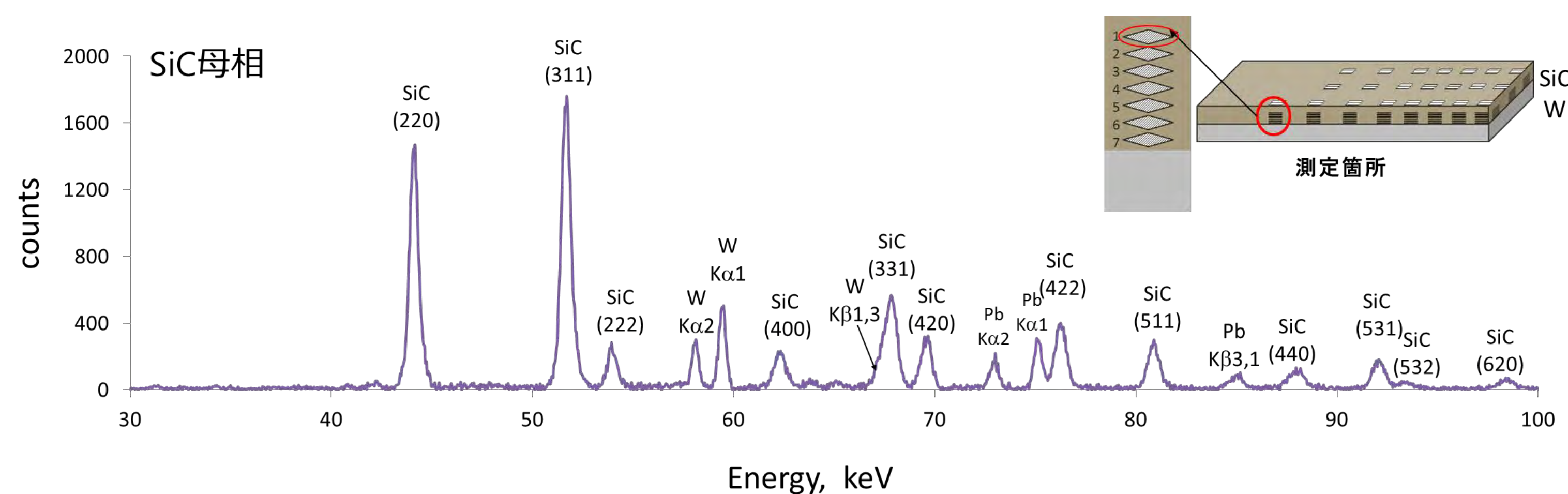
W/SiC接合材界面のEPMA像*



高温処理後のW/SiC接合材界面のSEM画像*

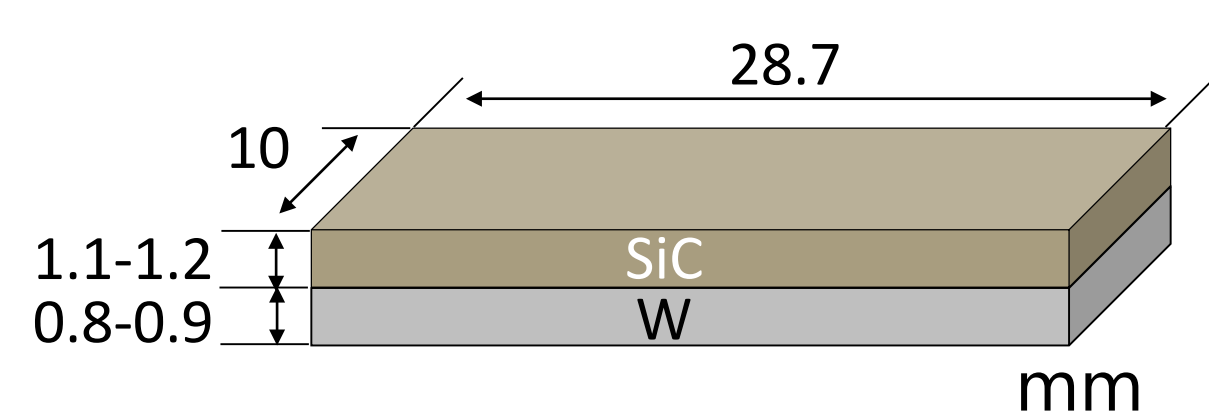
*Y. Asakura, et al., Fusion Engineering and Design, in press 2015

結果



実験方法

試料



測定

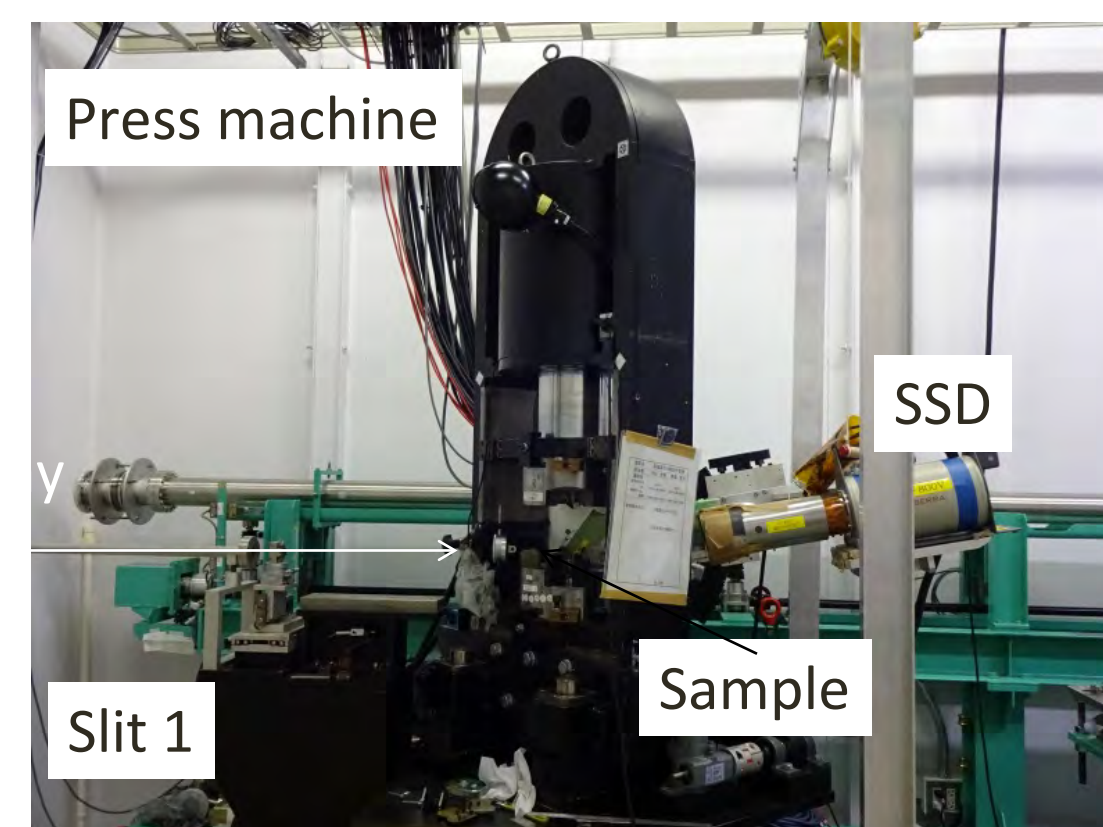
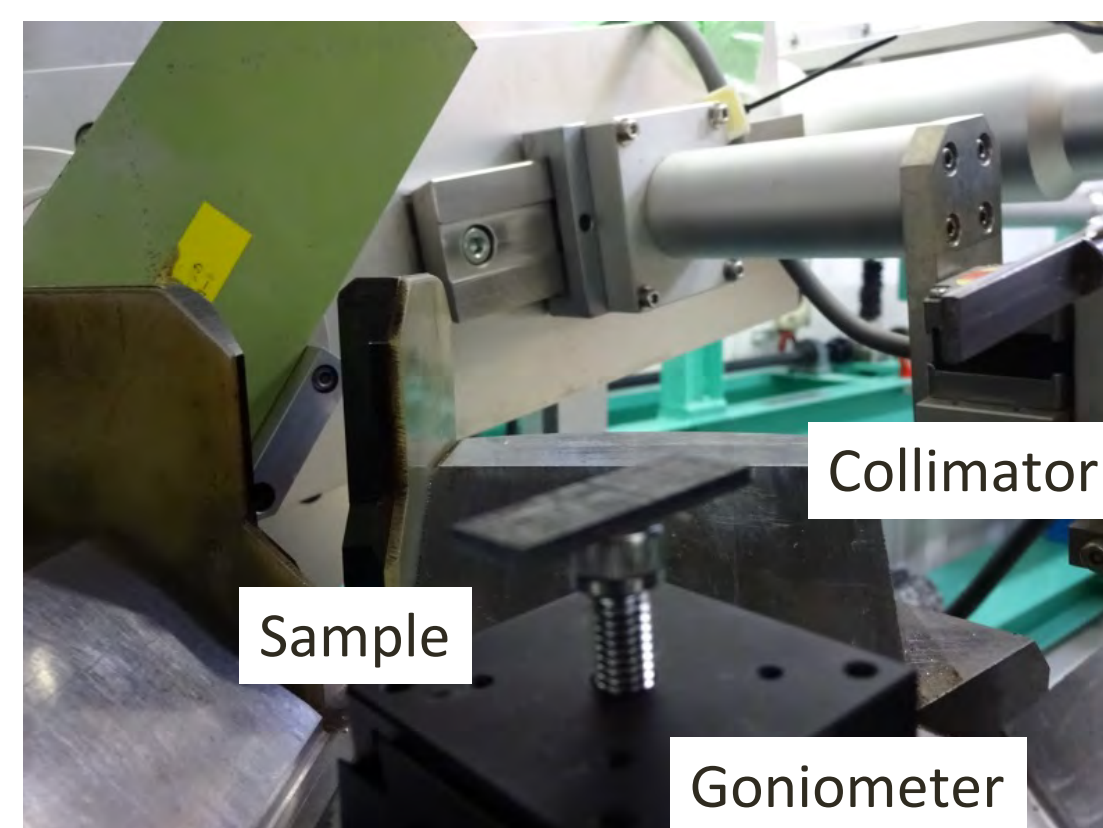
エネルギー分散法で測定

BL14B1

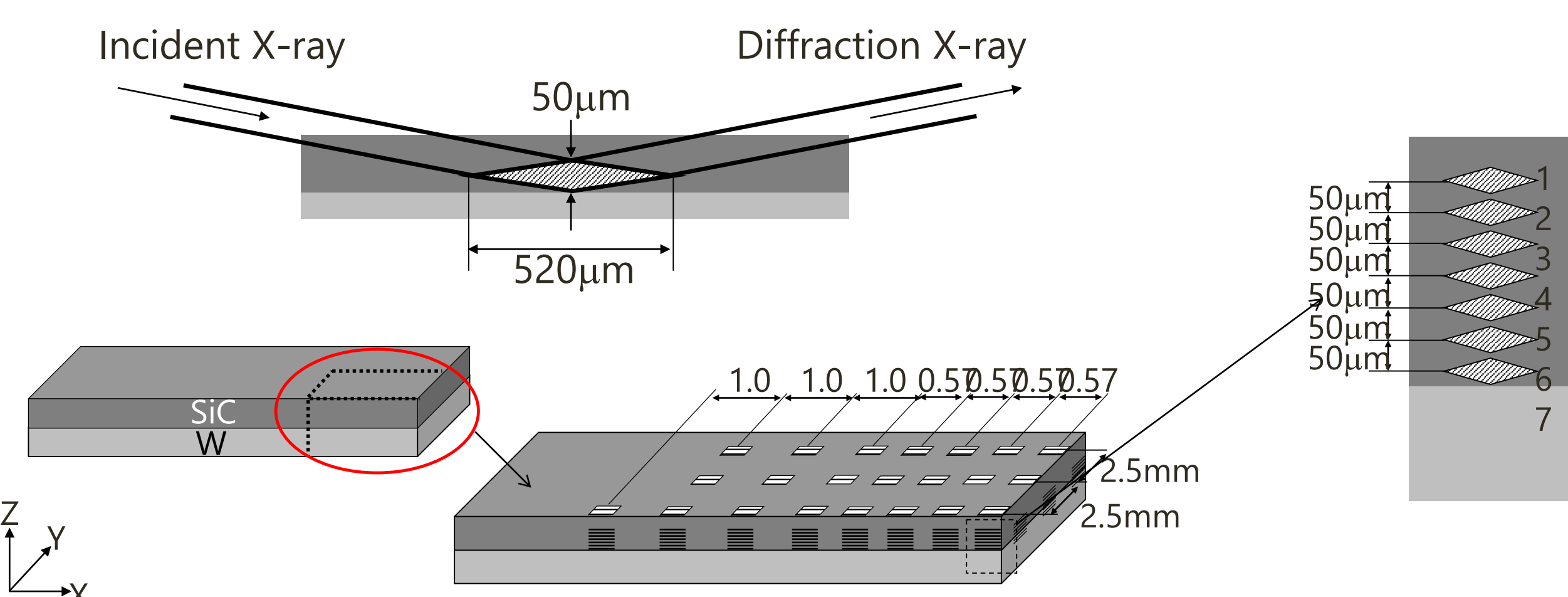
白色ビーム

θ、2θ : 5.25、10.5°に固定

測定時間/測定点: 300 s



測定領域



まとめ

- 界面近傍の回折パターンにおいて、WC及びW₂Cと考えられる相のピークを確認した。SEM/EPMAで確認されたW-C相は、WCとW₂Cとの共存が考えられる。
- W-Si相に相当するピークは、確認できていない。
- 出所不明のピークを複数本確認した。比較強いピーク (at 55.91, 66.08 keV) であったが、W相、SiC相の回折パターン上では、見られなかったことから、接合熱処理時に形成されたと考えられる

今後の課題

- 今回の実験で確認できなかったW-Si相におけるSiの挙動評価
- 熱処理（冷却）時における界面近傍における反応相形成のその場観察
- W及びSiC相における熱膨張率差に起因する残留応力分布の評価
- SiC/SiC複合材製作時における、繊維相及びマトリックス相における残留歪みの評価