

Oberflächenbeschichtung von Composites – was ist möglich?

21. Jour Fixe von CU, CU West, CU Nord u. Ceramic Composites

20.11.2023

Diskussionsleitung: Uwe Schulz

Co-worker: R. Naraparaju, V. Leisner, P. Mechnich, R. Anton, F. Süß, M. Friess, ...



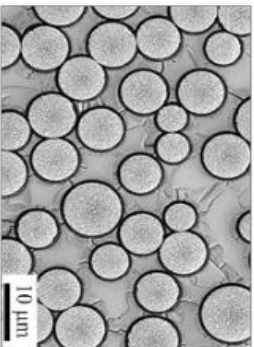
Wissen für Morgen

Work on CMCs at DLR Institutes of Structures and Design & Institute of Materials Research

CMCs:

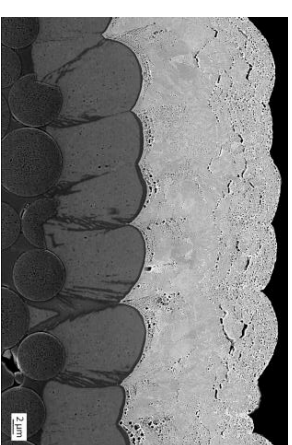
SiC/SiC

SiSiC (3D-Print)



Protective coatings for CMCs (Ox-Ox, SiC-SiC, UHTC)

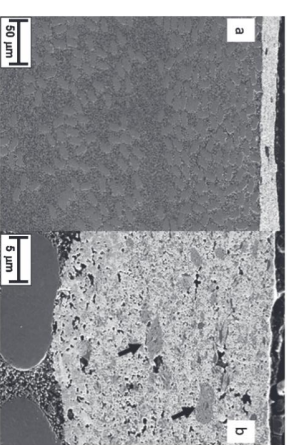
PVD



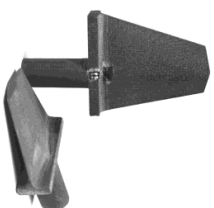
Thermal spraying



Slurry

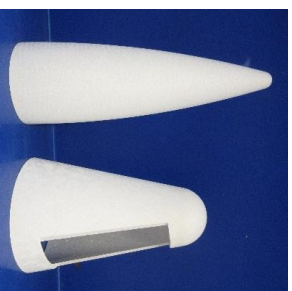
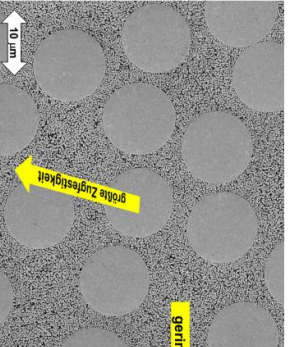


C/C, C/SiC
UHTCMC



Jet-vane
Screening test

Ox-Ox
(WHIPOX und IFOX)



Requirements for EBC systems on SiC-SiC CMCs in turbines

Protection against:

Oxygen

Flowing water vapor

CMAS

Heat flux

Corrosion

Erosion / Impact

Main requirements for EBCs:

Long term stability (phases, sintering, cracks, pores)

Water vapor resistance

Low stresses
(CTE, Young's modulus)

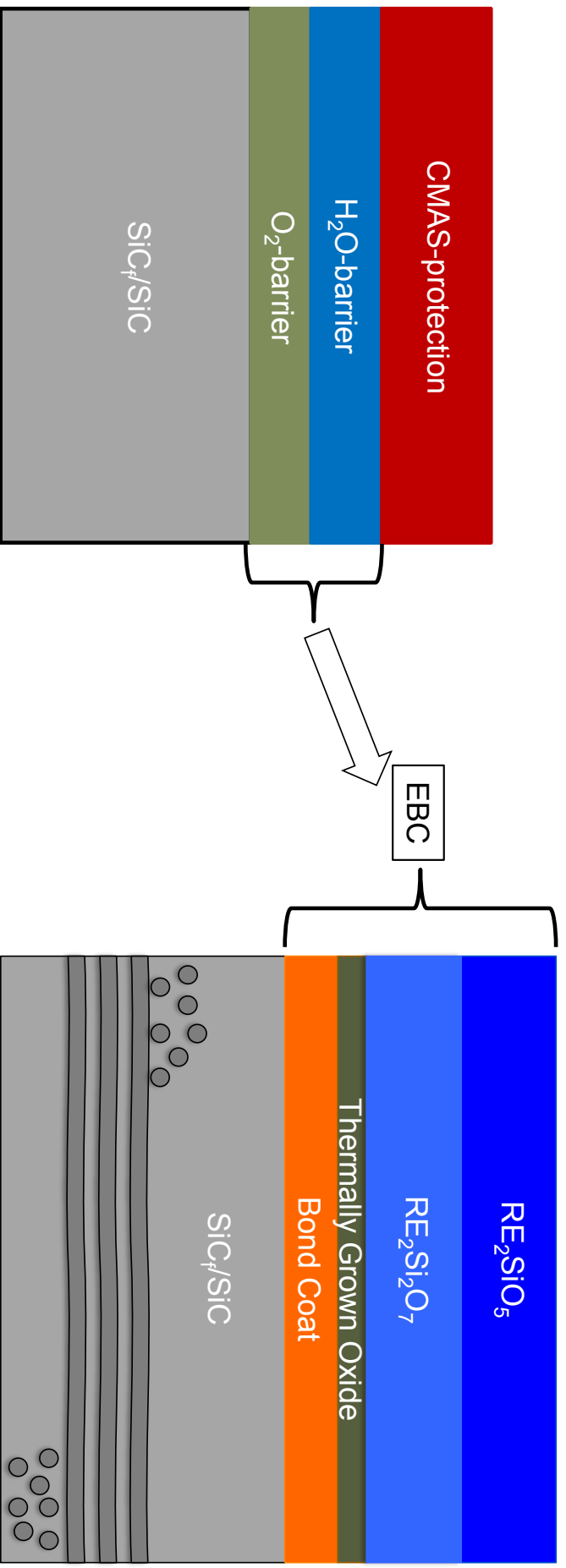
Chemical compatibility

Good adhesion



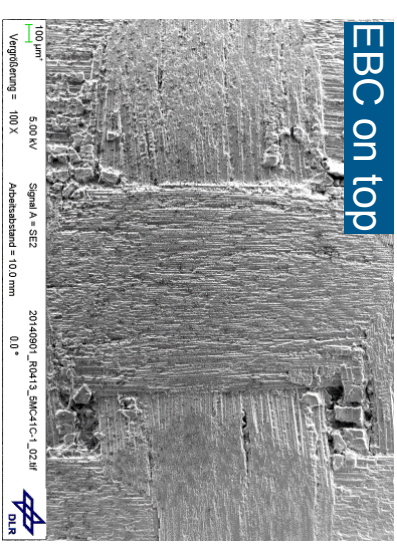
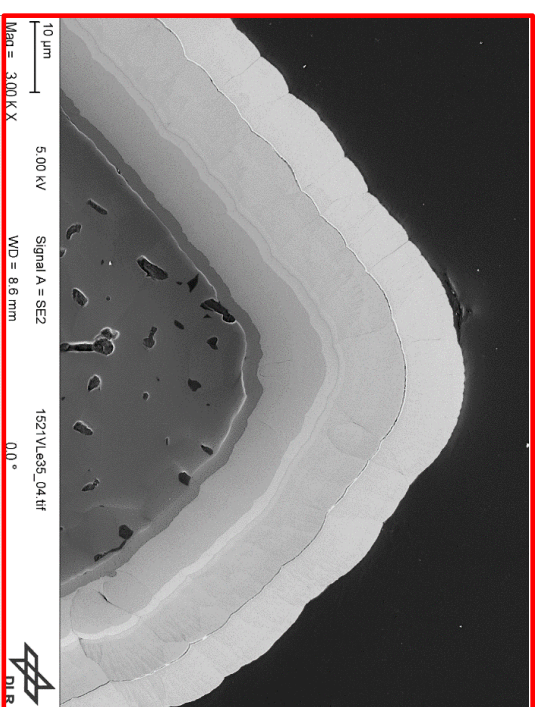
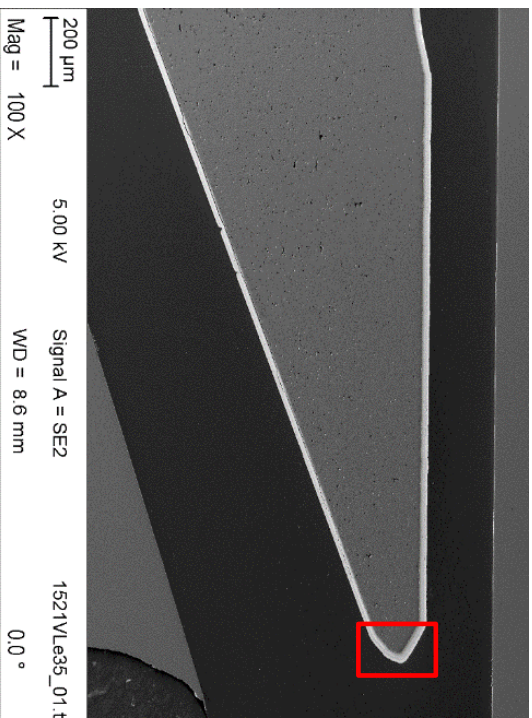
Modern Environmental Barrier Coating Systems on SiC/SiC CMCs (DLR work)

- Multilayer architecture necessary
- Si-based bond coat (Hf/Y-oxide modified) + RE(Y, Yb)disilicate + RE(Y, Yb)monosilicate + CMAS-protection



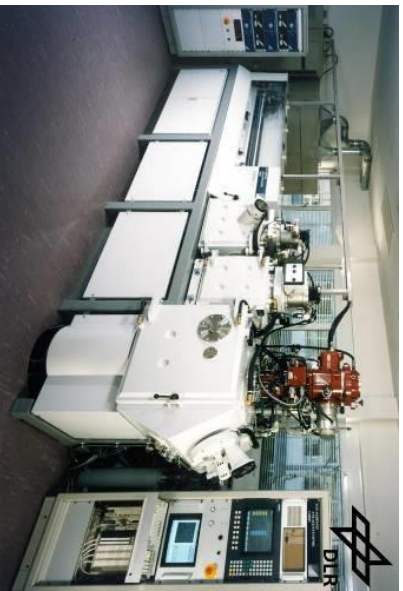
Example Multilayer PVD EBC on SiC/SiC from DLR

- CMC surface structure, especially on woven fabrics (SiC seal coat) is a challenge
- Increase of layer thickness (if necessary) by EB-PVD possible
- Testing under temperature gradient and rapid flowing water containing gas necessary
- Coverage of coatings on sharp edges (leading edges) is excellent
- Coating adhesion quite good



Comparison of PVD techniques used at DLR

**Electron beam evaporation
EB-PVD**



**Gas Flow Sputtering
(GFS), Arc-PVD**



**Magnetron-
Sputtering**



Chamber pressure (mbar)	$10^{-3} \dots 10^{-4}$	10^{-1}	10^{-3}
Deposition rate ($\mu\text{m/h}$)	high 200 – 500	medium 5 - 30	low 1 - 10
Typical coating thickness (μm)	20 - 300	1 - 100	0,5 - 20

+ Plasma Spraying within DLR corporation (CoE)



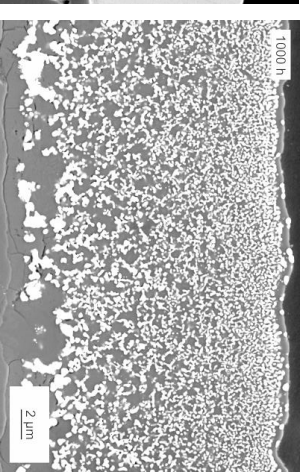
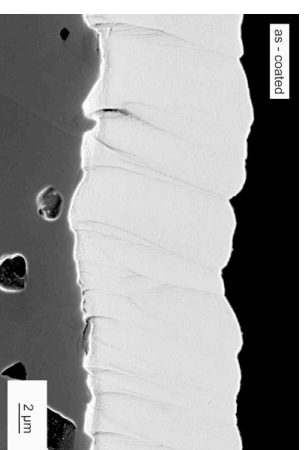
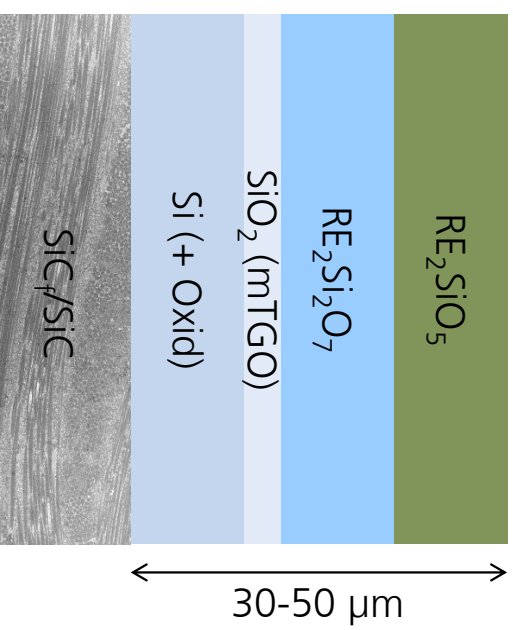
Kompetenzen DLR bei EBC-Entwicklung für CMC

Ziele der EBC-Entwicklung

- Oxidations- und Thermowechselbeständig
- Wasserdampf- und CMAS-beständig
- Applizierbar auf Bauteil mit Krümmungsradien
- Haftung auf realer CMC-Oberfläche mit bauteilnaher Bearbeitung
- Erosionsbeständigkeit, Impactverhalten
- EBC Lebensdauer unter komplexer Heißgasbelastung

Anwendungsgebiete und Schwerpunkte EBC-Entwicklung

- Ox-Ox, SiC-SiC und UHTC-CMCs
- Bond coats und Oxidationsschutz
- Neues Multilayer-EBC
- Integriertes T/EBC mit Multifunktionalität
- PVD Technologie für EBCs
- Umfangreiche Wasserdampf-, Gasbrenner- und Lebensdauertests bis hin zu H₂-Verbrennung



Anwendungsfelder für CMCs mit potenziellen Oberflächenbeschichtungen (Beispiele)

CMCs:

SiC/SiC Luftfahrt (Triebwerk), Gasturbine

Pumpen, Anwendungen mit extremer
Belastung durch Verschleiß oder Korrosion

C/SiC Raumfahrt (TPS Wiedereintritt, Düsen, Kleintriebwerke, ...)

C/C Raketen, Bremsen

UHTCMC Hypersonic, Ramjet engine

Ox-ox Luftfahrt (Triebwerk), Gasturbine

Brennerdüsen, Ofengestelle und Ofenbau, Thermische Isolation, elektromagnetisch
durchlässige Bauteile



Fragestellungen für Oberflächenbeschichtungen auf CMCs

- Ist ein coating nötig?
- Welche Funktion soll das coating haben und welche Lebensdauer?
- Wie dick soll das coating sein?
- Multilayer oder Single-Layer?
- Haftungsprobleme zu erwarten?
- Welche Methode zum Aufbringen (z.B. Thermisches Spritzen, CVD, PVD, Slurry) ist die am besten geeignete?
- Wie teste ich das coating auf dem CMC möglichst realitätsnah, aber bezahlbar? Reichen zunächst kleine Proben, ab wann muss man bauteilnah prüfen?
- Wie teuer wird das coating?
- Wie kann ich Qualitätssicherung gewährleisten?
- ...
- ...

Diskussion ist eröffnet !

