Μέθοδοι Σκέδασης Εφαρμογές σε Υλικά

Γ. Αποστολόπουλος
Δ. Λαφατζής
Κ. Μεργιά
Σ. Μεσολωράς
Ν. Μουτής
Α. Σαλευρής

Ανάπτυξη ερευνητικών υποδομών

- Διατάξεις σκέδασης νετρονίων στον Ερευνητικό Αντιδραστήρα
  - Περιθλασίμετρο
  - Ανακλασίμετρο
  - Σκέδαση σε μικρές γωνίες (SANS)
- Συστήματα ανίχνευσης νετρονίων και άλλες διατάξεις
  - Ηλεκτρονικά ανιχνευτών
  - Συστήματα αυτοματοποιημένης κίνησης
- Συμπληρωματικές διατάξεις:
  - σκέδαση ακτίνων-Χ
  - εργαστήριο προετοιμασίας και επεξεργασίας δειγμάτων
  - μετρήσεις ηλ. αντίστασης

Εφαρμογές σε μελέτη υλικών

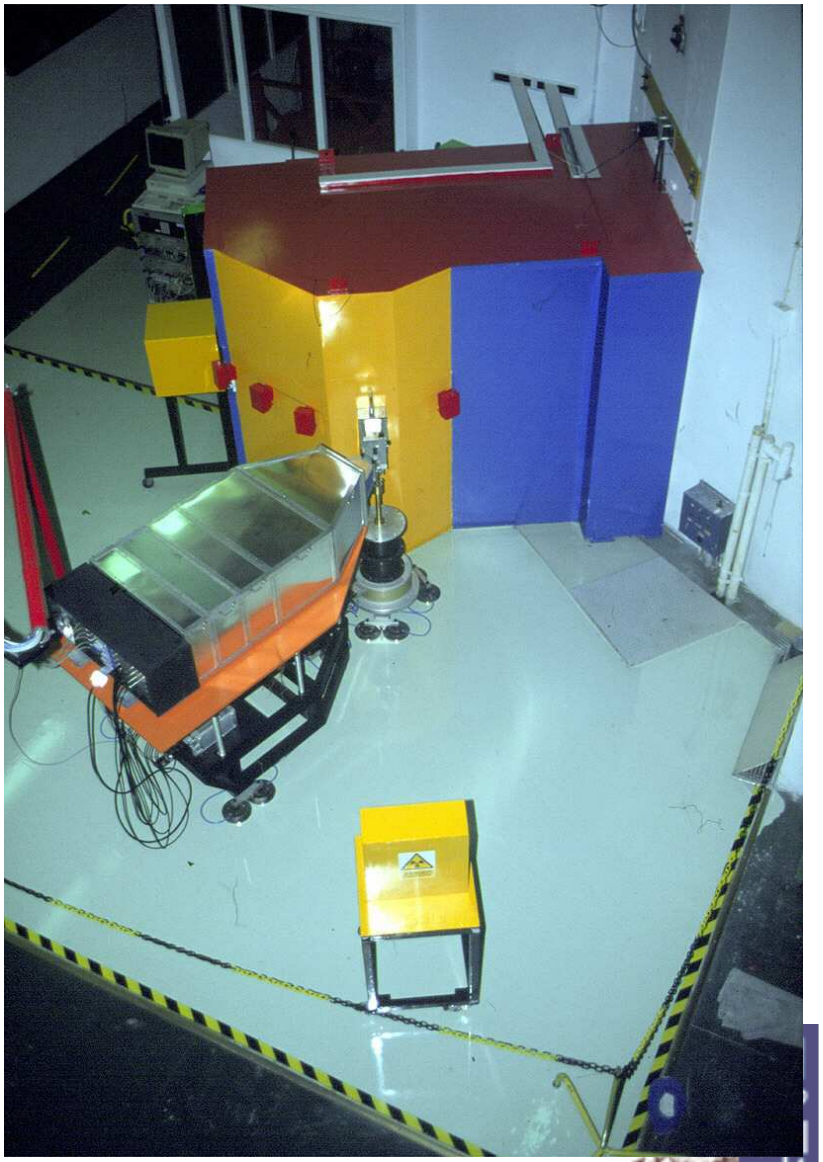
- Υλικά υψηλής τεχνολογίας
  - Ενέργεια, Αεροναυπηγική, Διαστημική τεχνολογία
    SiC, γραφίτες, composite materials, HfO_2, ZrO_2
  - Υλικά τεχνολογίας Σύντηξης
    Ατσάλια χαμηλής ενεργοποίησης (EUROFER), κράματα Fe-Cr

- Λεπτά υμένια / Επιφάνειες
  - Μαγνητικά πολυστρωματικά υλικά / Μέσα μαγνητικής εγγραφής
  - Επιφανειακή συγκόλληση μετάλλου / κεραμικού
  - Διηλεκτρικά υψηλού κ σε Si & Ge

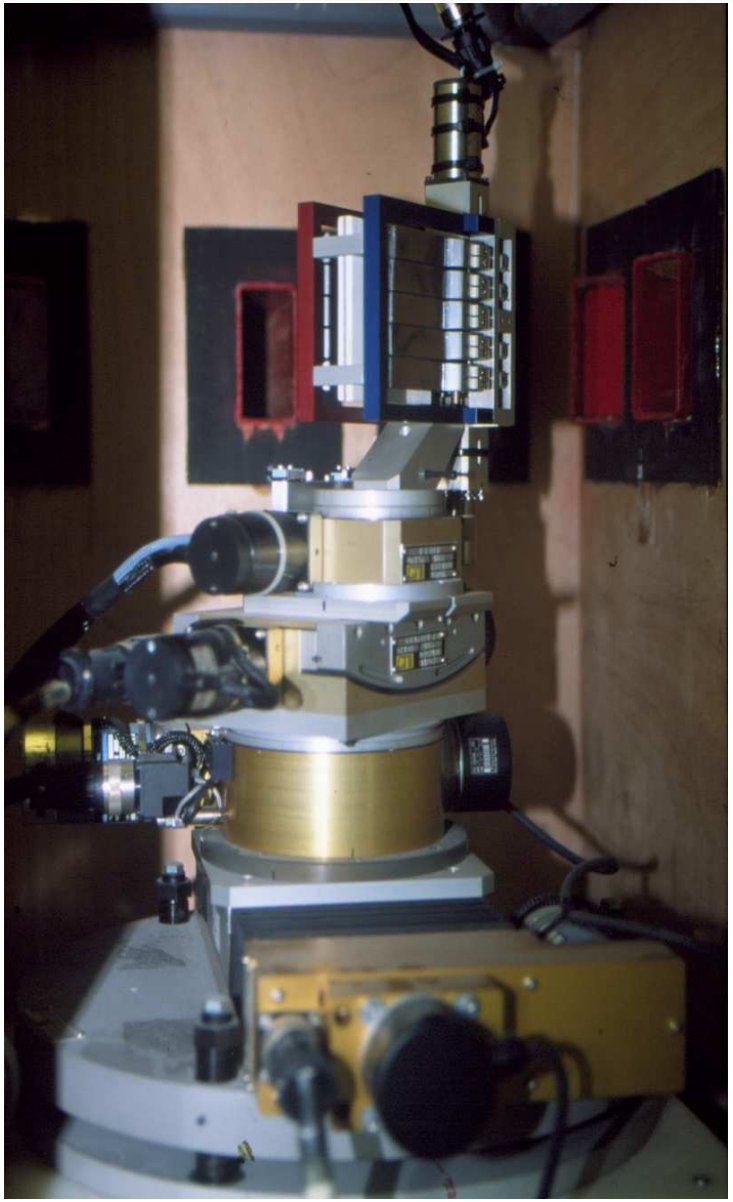
- Επίδραση ακτινοβόλησης στις ιδιότητες υλικών
  - Ακτινοβόληση (SiC_f/SiC) στον αντιδραστήρα
  - Ακτινοβόληση πρότυπου κράματος Fe-Cr στην TANDEM

Περιθλασίμετρο νετρονίων

- Σχεδίαση – Υλοποίηση: 1997 – 2000
- Πρώτη λειτουργία: 2000
- Επένδυση ~ 700 k€
- Χρηματοδότηση: ΓΓΕΤ, ΕΕ, IAEA
- Καινοτόμα χαρακτηριστικά:
  - Γραμμικοί ανιχνευτές με ευρύ φάσμα γωνιών σκέδασης
  - Τράπεζα ανιχνευτών κινούμενη σε air pads
  - Ελαφριά θωράκιση υπολογισμένη με Monte Carlo
  - Πολλαπλοί μονοχρωμάτωρες, ευθυγραμιστές και γωνίες εξόδου της δέσμης για μέγιστη ευελιξία
  - Επιλογή μεταξύ μέγιστης ροής / διακριτικής ικανότητας
  - Θερμοκρασία δείγματος από 10 έως 1800 K



Μονοχρωμάτορας με δυνατότητα εστίασης



➢ **Ge**

-Five composite strips of plastically deformed germanium (511) wafers

-mosaic spread of around 15'

➢ **Pyrolytic graphite (PG/002)**

<u>5 movements</u>

✓Translation

✓Rotation

✓Tilting

✓Focusing (up to 2.5 cm sample height)

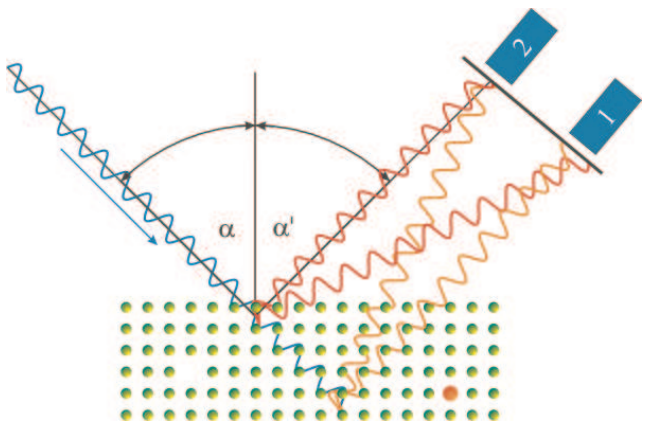
✓Monochromator selection

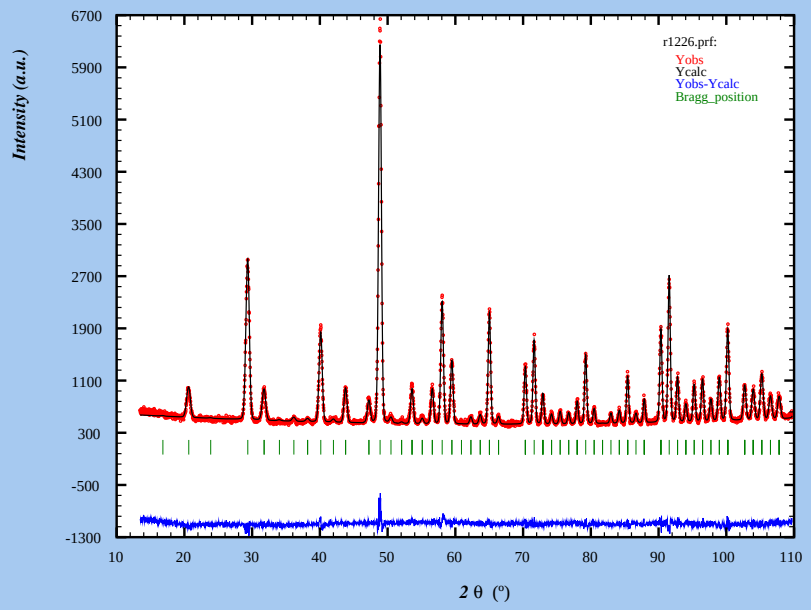
Γραμμικοί ανιχνευτές

- 7 horizontal Reuter-Stokes position sensitive detectors
  - 60 cm active length, 2.54 cm diameter
  - filled with ^{3}He to a pressure of 8 bars
- Sample – detector distance varies from 0.4 m up to 1.6 m in steps of 0.25 m to cover from 68° to 19° in Bragg angle 2θ at each position
- B_4C is used for the detectors shielding

Περίθλαση νετρονίων

Diffraction



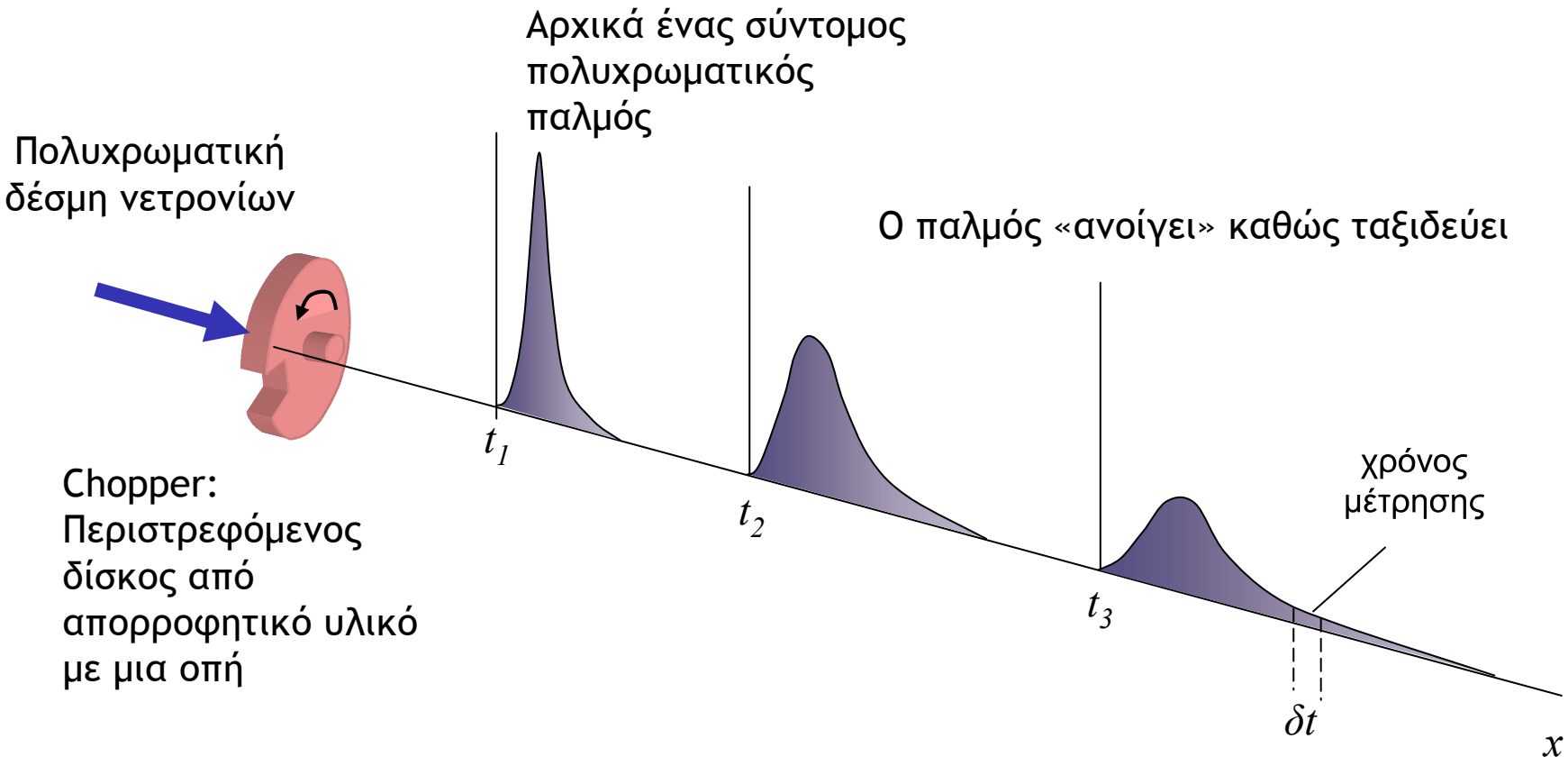


- **Κρυσταλλογραφία, ανάλυση φάσεων**
- **Μικροδομή**
- **Παραμένουσες τάσεις**
- **Μαγνητικές δομές**

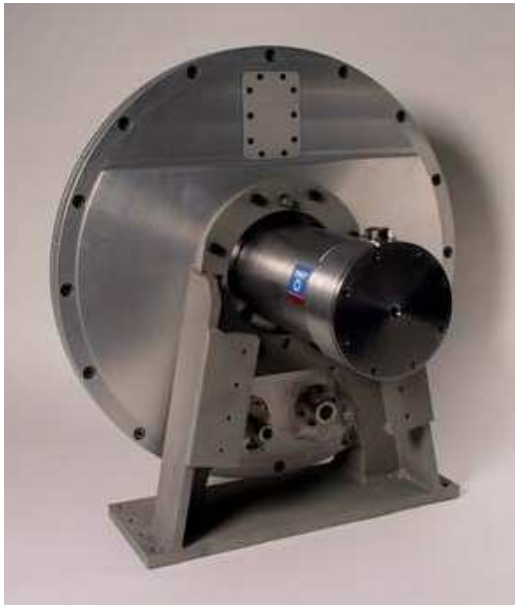
Ανακλασίμετρο νετρονίων

- Σχεδίαση – Υλοποίηση: 2003 – 2007
- Επένδυση ~ 400 k€
- Χρηματοδότηση: ΓΓΕΤ, IAEA, ΕΕ
- Καινοτόμα χαρακτηριστικά:
  - Χρήση πολυχρωματικής δέσμης με τεχνική χρόνου πτήσης
  - Πλήρης αξιοποίηση της θερμικής δέσμης νετρονίων του αντιδραστήρα
  - Επιλογή της γωνίας προσπίπτουσας δέσμης ⇒ μέτρηση σε υγρά και στερεά δείγματα
  - Ευελιξία στην επιλογή της διακριτικής ικανότητας του οργάνου

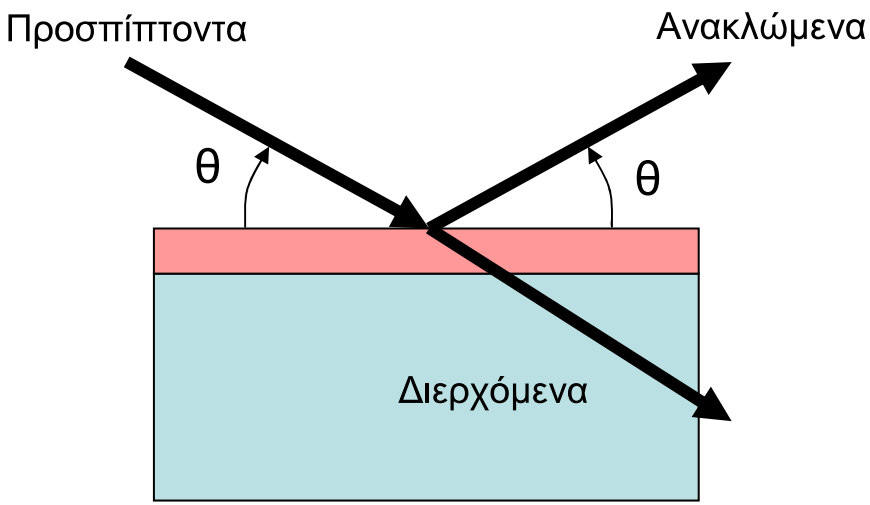
Τεχνική χρόνου πτήσης



Κύρια μέρη του ανακλασιμέτρου

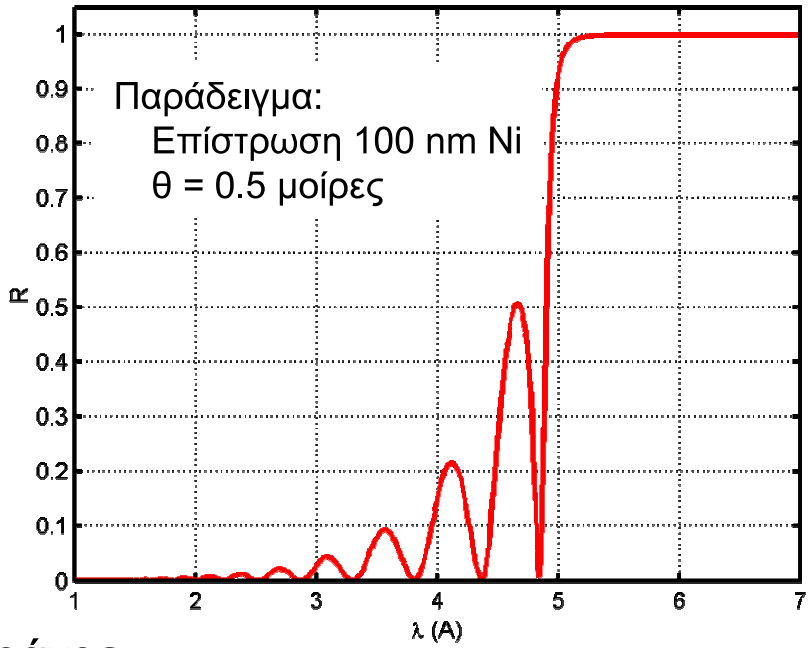


Ανάκλαση νετρονίων



Συντελεστής Ανάκλασης

$$R = \frac{\text{Ανακλώμενα}}{\text{Προσπίπτοντα}}$$

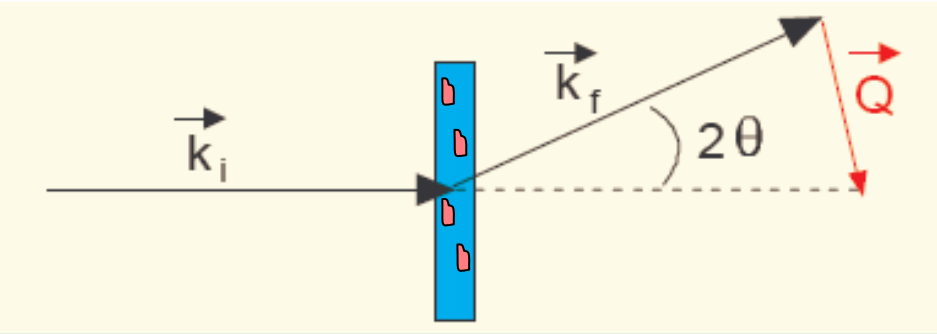


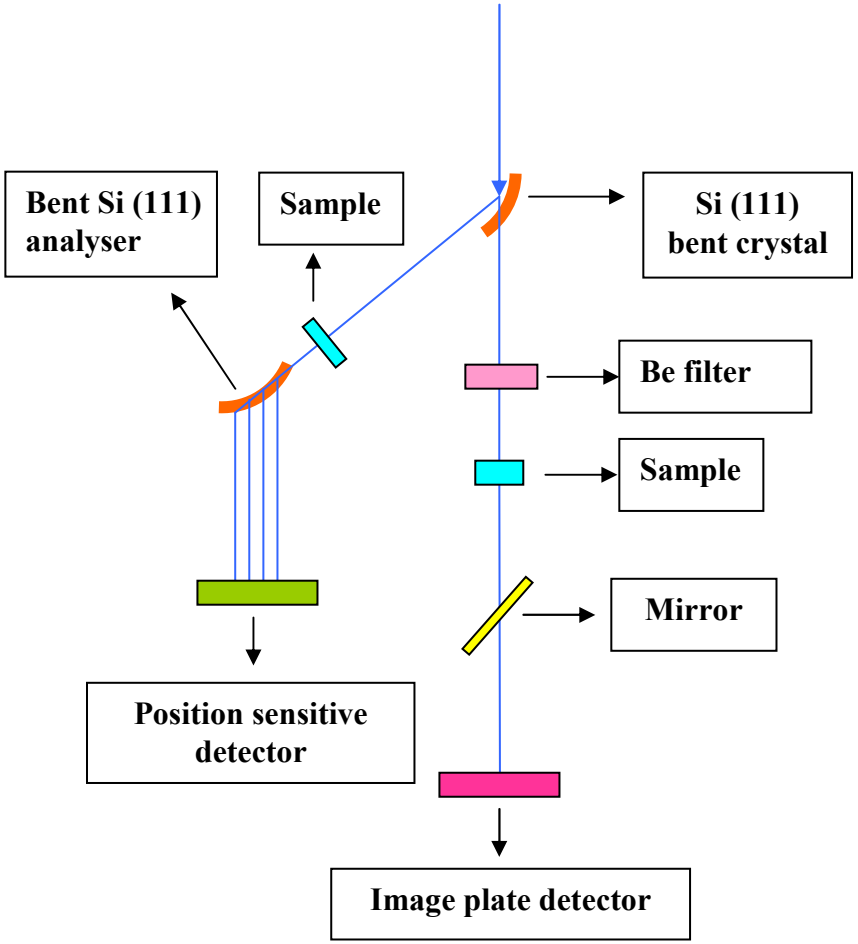
- Προφίλ πυκνότητας κάθετα στην επιφάνεια
- Πάχος και πυκνότητα επιστρώσεων
- Δομή επιφανειών - διεπιφανειών

- Μαγνητικά πολυστρωματικά υλικά
- Επιστρώσεις Πολυμερών, Βιολογικές μεμβράνες
- Κατάλυση, επιφανειακή προσρόφηση
- Νανοδομικά υλικά σε επιφάνειες/διεπιφάνειες

Ανάπτυξη μεθόδων σκέδασης σε μικρές γωνίες (SANS)

Αρχή της μεθόδου



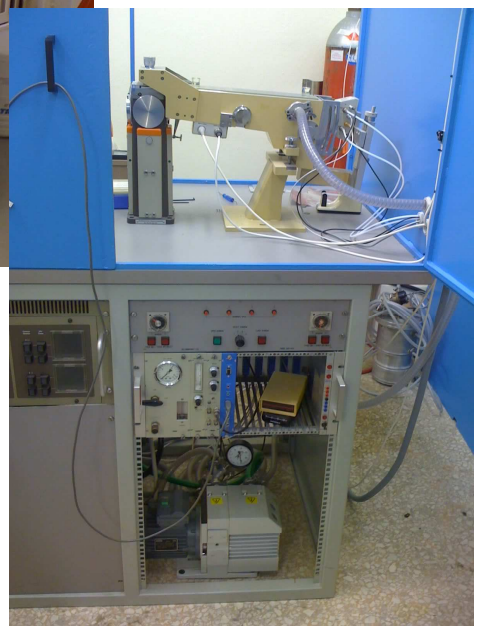


- Εφαρμογές
- Πορώδη υλικά
- Συσσωματώματα σε κράματα
- Ατέλειες υλικών
- Μελέτη Κινητικής in situ

Εύρος Μεγεθών: 1 nm to 5 μm

Συμπληρωματικές διατάξεις - υποδομή

Σκέδαση ακτίνων Χ
Περίθλαση, ανάκλαση, μικρές γωνίες

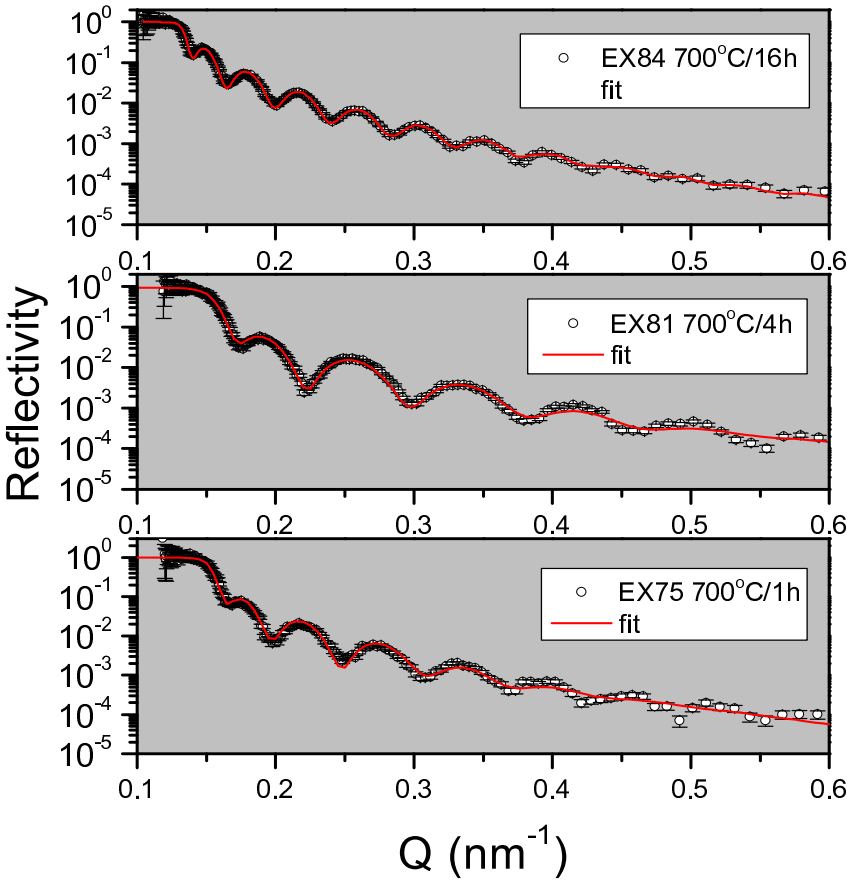


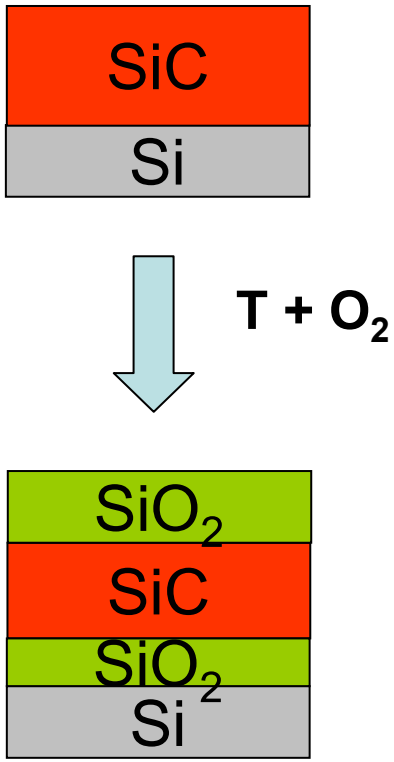
Προετοιμασία δειγμάτων
Κοπή, λείανση, αναθέρμανση, κλπ.

Εφαρμογές στην Αεροναυπηγική & Διάστημα

SiC ως φραγμός οξείδωσης

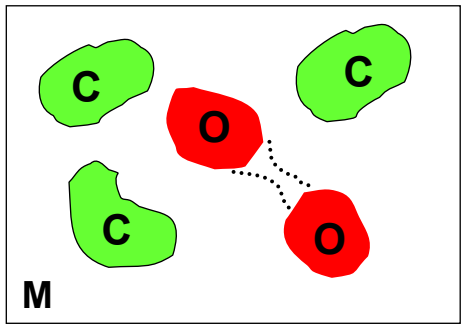
Μελέτη με Ανάκλαση Νετρονίων & ακτίνων-Χ



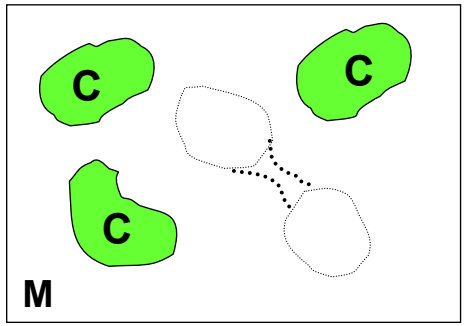


Εφαρμογές σε Ενέργεια & Αεροναυπηγική

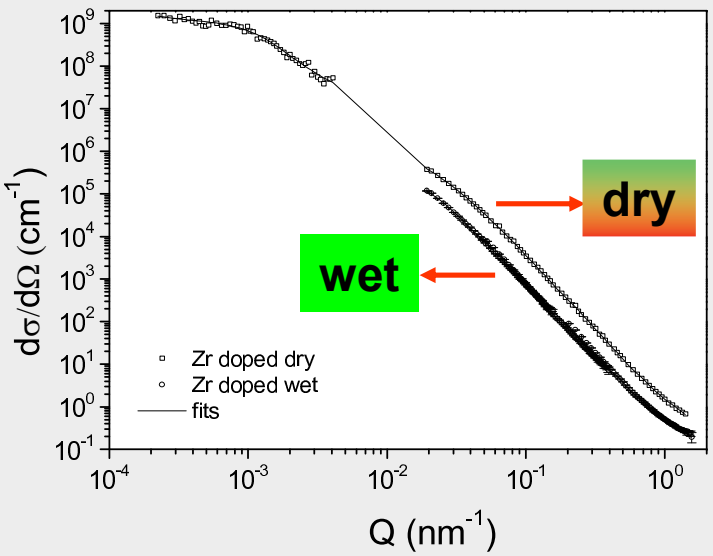
Μελέτη πορώδους γραφίτη με SANS / USANS



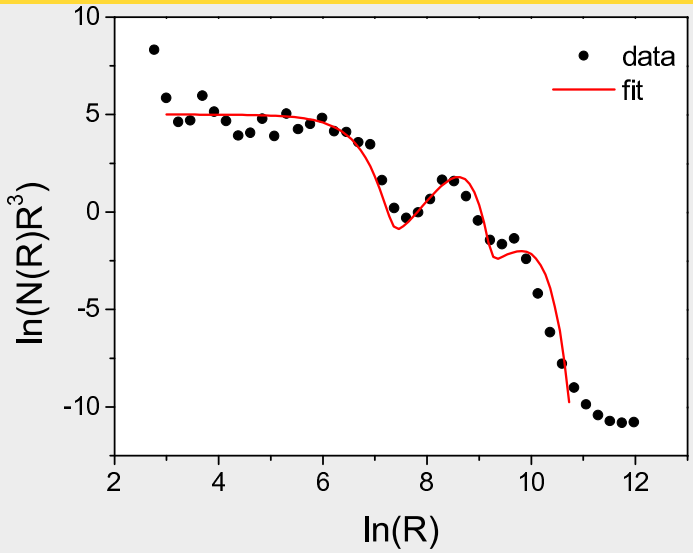
Εμβαπτίζουμε σε μείγμα D_2O/H_2O με κατάλληλη αναλογία ώστε οι ανοικτοί πόροι να φαίνονται για τα νετρόνια ίδιοι με τη μήτρα



Scattering from pores in graphite

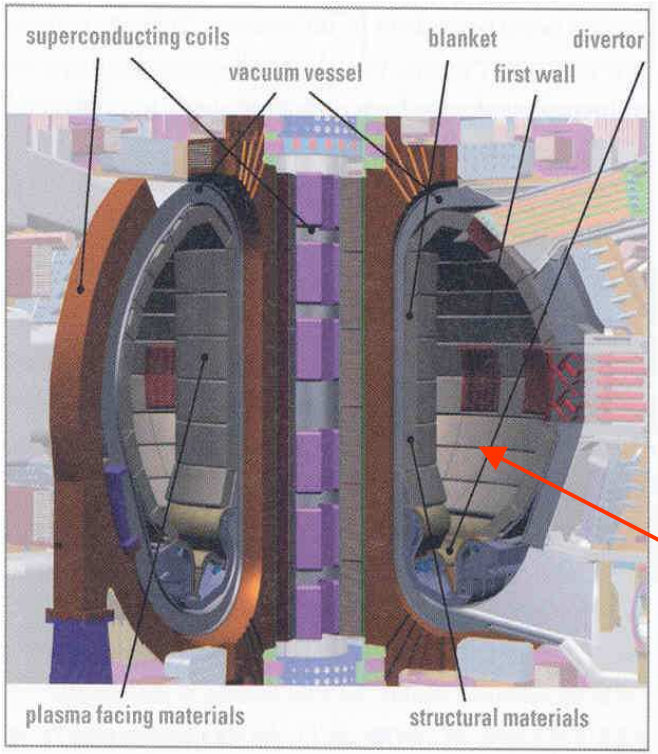


Volume distribution of all pores



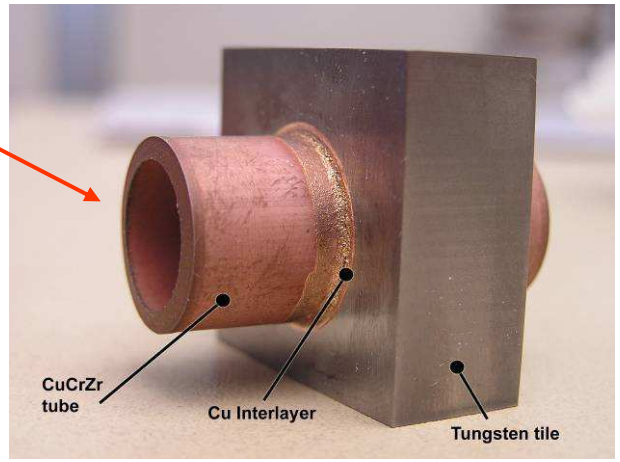
Συνεργασία: CEIT & TECNUN (University of Navarra)

Εφαρμογές σε Αντιδραστήρα Σύντηξης



Main components and materials for ITER.

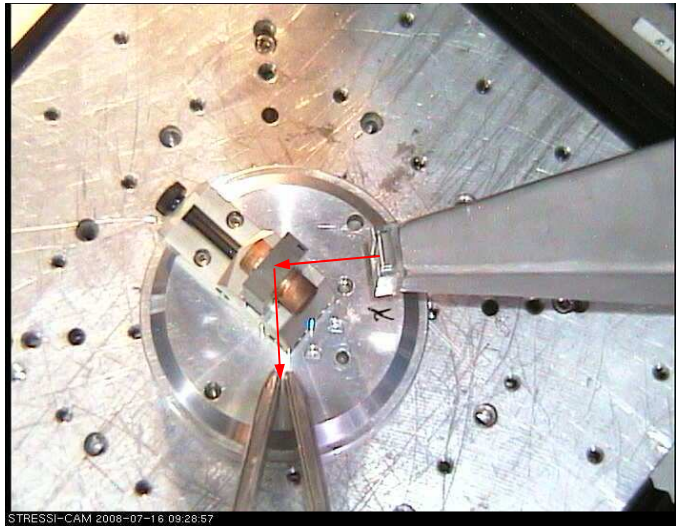
CuCrZr → heat sink material
W → plasma facing material



Μετρήσεις παραμένουσας τάσης

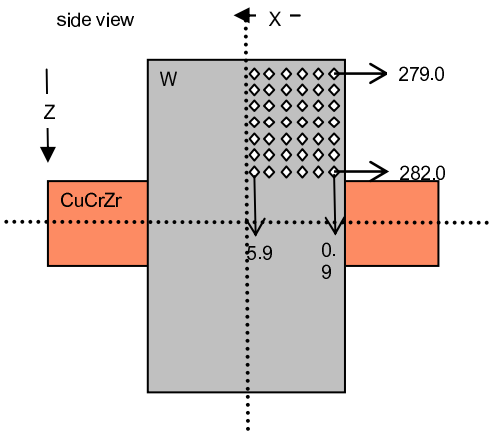
Συνεργασία με την ANSALDO Ricerche Spa

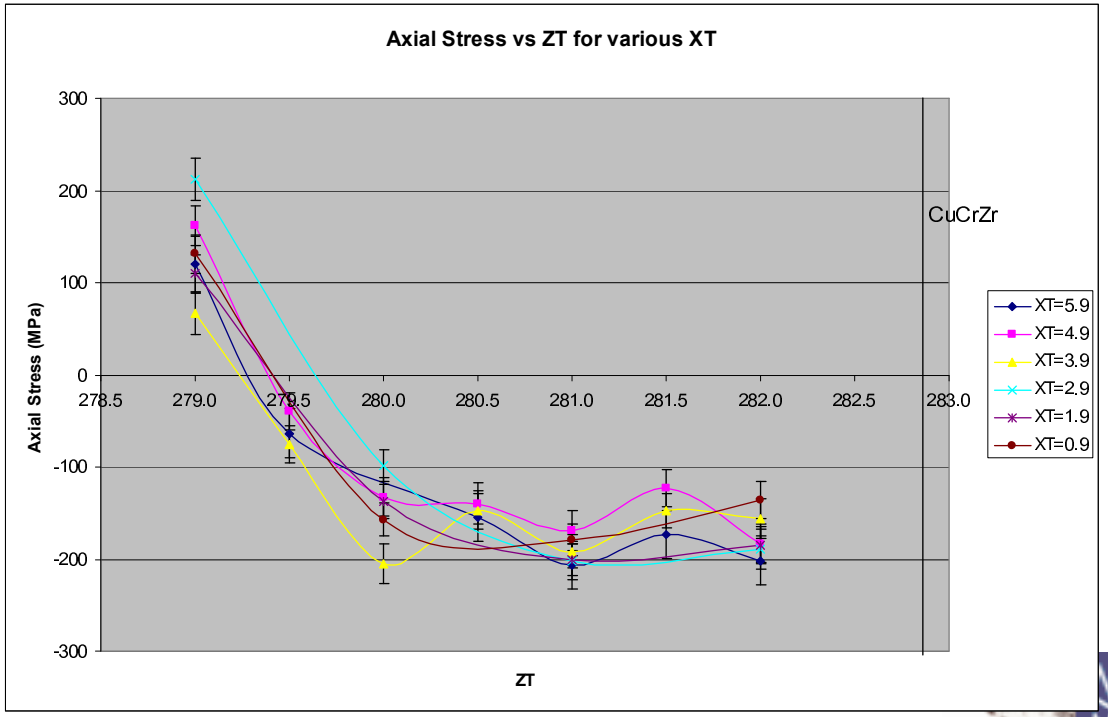
Μέτρηση παραμένουσας τάσης



… χρησιμοποιώντας περίθλαση νετρονίων

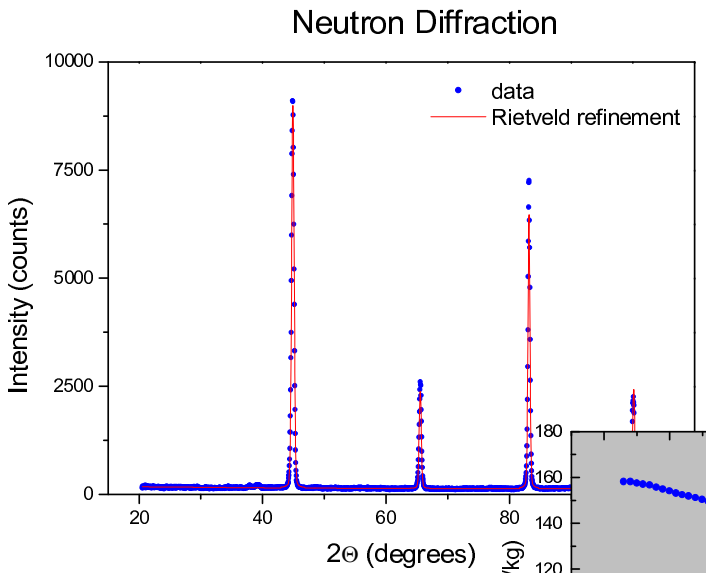
στον Αντιδραστήρα του Μονάχου (FRM-II)

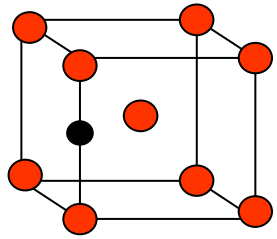


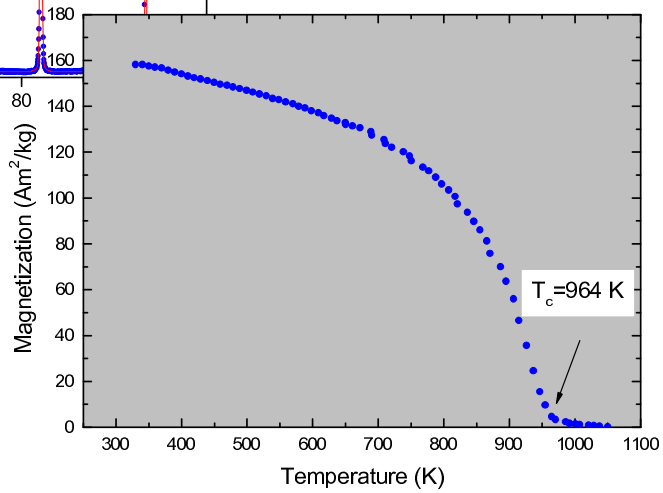


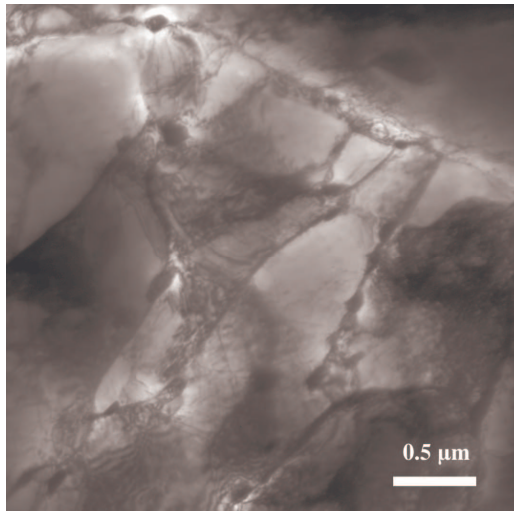
Ατσάλια τύπου EUROFER χαμηλής ενεργοποίησης

Μέτρηση δομικών, μαγνητικών, ηλεκτρικών ιδιοτήτων (συνεργασία με Ι.Ε.Υ.)







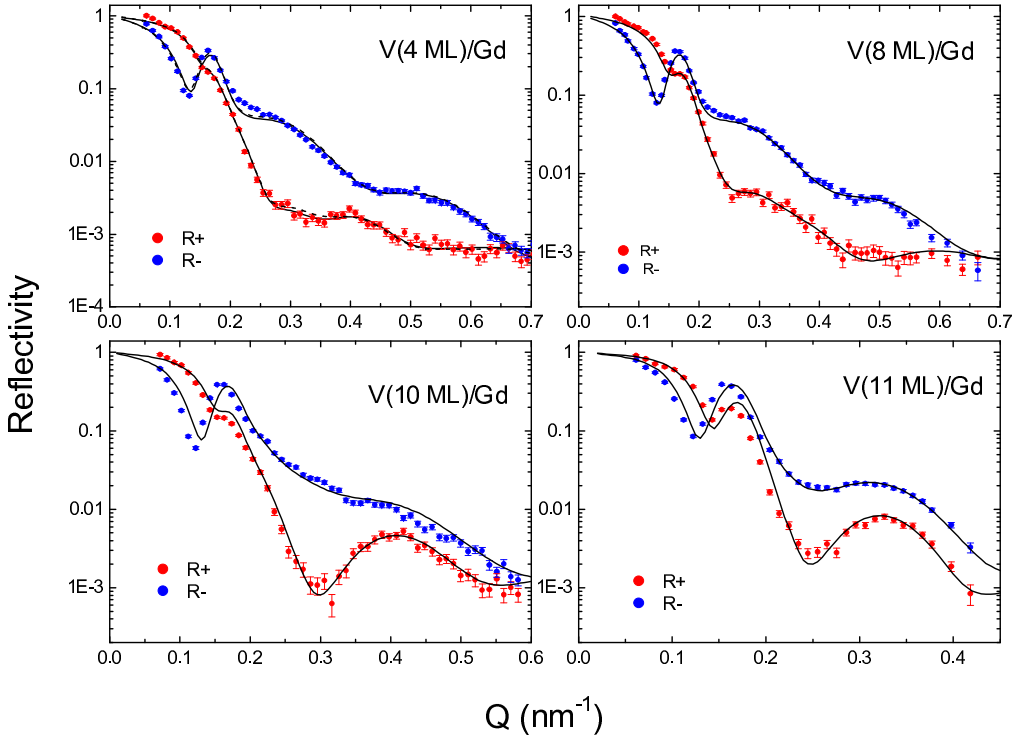


TEM, Precipitation of EUROFER 97.

Εφαρμογές Μαγνητικής Εγγραφής

Μαγνητική δομή διστρωματικών υλικών V/Gd

Μελέτη με Ανάκλαση Πολωμένων Νετρονίων

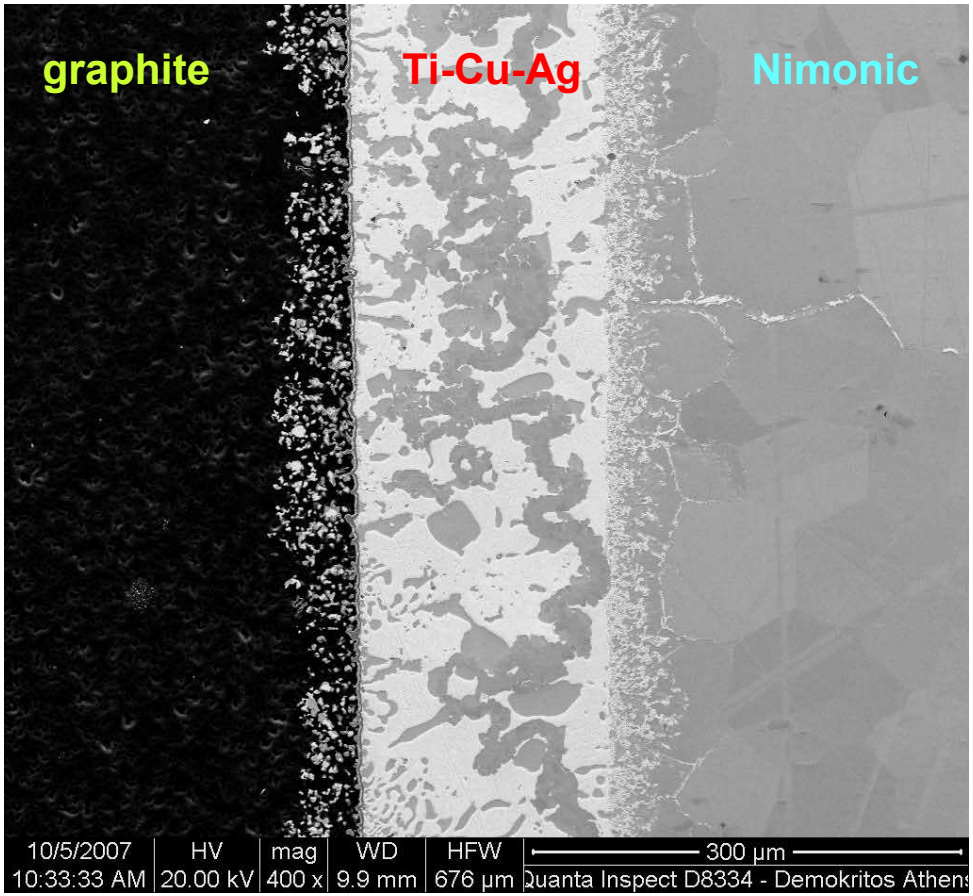


Συνεργασία:
Polish Academy of Science

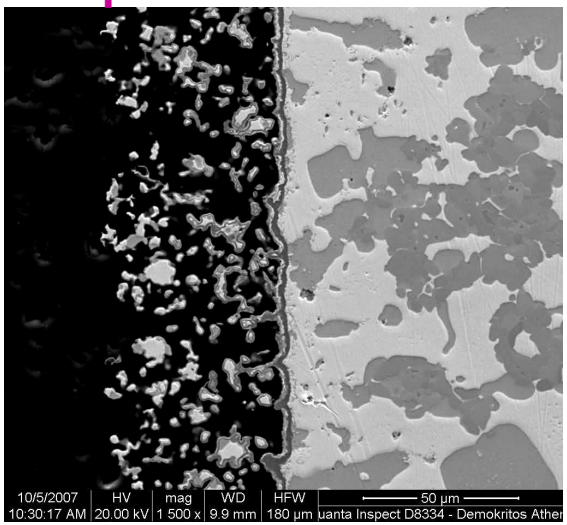
Το μη μαγνητικό βανάδιο αποκτά μαγνητική ροπή στην ενδοεπιφάνεια με το Gd η οποία προσανατολίζεται αντιπαράλληλα με τη μαγνητική ροπή του Gd

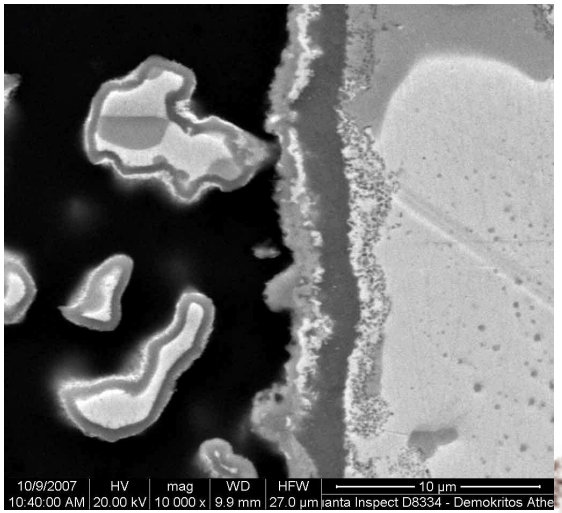
Επιφανειακή συγκόλληση Γραφίτη / Nimonic Alloy

Cr layer + Annealing at 700°C/5h



Graphite/filler interface





Συνεργασία:
INASMET Spain