



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

Laurea Triennale in Scienze Geologiche
Anno Accademico 2018/2019



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Studio microstrutturale delle associazioni a corindone - ercinite negli inclusi delle granodioriti di La Galite (Tunisia)

Microstructural study on corundum - hercynite associations in La Galite's granodiorite enclaves (Tunisia)

Introduzione alla tematica affrontata

Possibile relazione di epitassia tra corindone ed ercinite

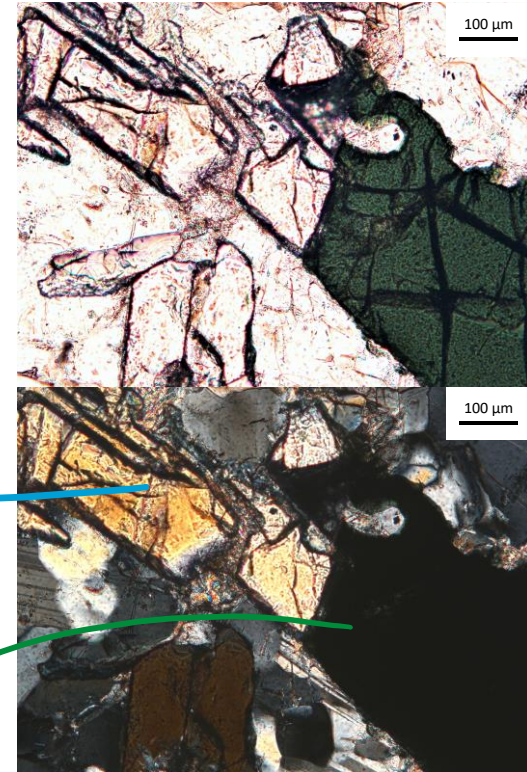
↓
associazione regolare tra cristalli,
naturali o sintetici, appartenenti a fasi
mineralogiche differenti, caratterizzati da
iso-orientazione cristallografica

Corindone:

- ossido di alluminio (Al_2O_3)
- sistema cristallino trigonale -3m
- genesi metamorfica di alta T e magmatica

Spinello:

- famiglia isomorfa degli spinelli
- soluzione solida spinello p.d. (MgAl_2O_4) – ercinite (FeAl_2O_4)
- sistema cristallino cubico m3m
- genesi metamorfica di alta T; accessorio in rocce magmatiche



Immagini al microscopio ottico:
a nicols paralleli (sopra) e
incrociati (sotto)

Studi su campioni naturali e sintetici hanno proposto la presenza di condizioni di epitassia tra i due minerali, con parallelismo degli assi cristallografici:

- lungo una direzione $\langle 111 \rangle$ dello Spl e l'asse c del Crn
- lungo le direzioni $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ del Crn e le $\langle 110 \rangle$ dello Spl

Obiettivi del progetto

Studio microstrutturale dei cristalli in un campione naturale per risolvere:

- **rapporti reciproci di crescita**
- **orientazione dei cristalli** → capire se i cristalli sono in relazione epitassiale



Indagini effettuate sul campione mediante diverse tecniche analitiche

Contesto geologico e litologico

Isola di La Galite (Tunisia):

- contesto di magmatismo da slab break-off
- roccia subvulcanica a composizione granodioritica con età tra i 10 e i 14 Ma
- presenza di inclusi pelitici di provenienza crostale

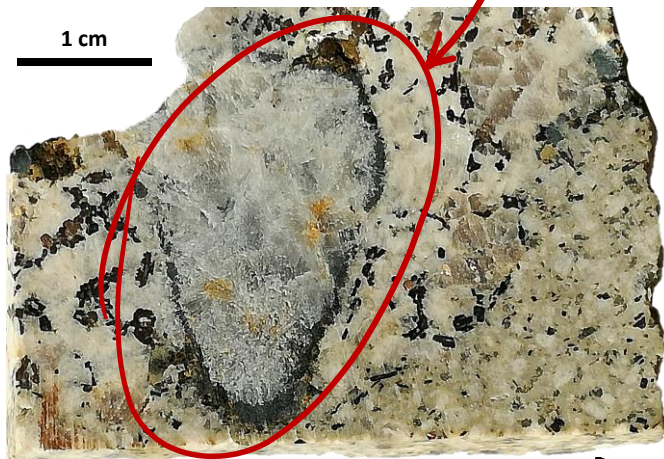
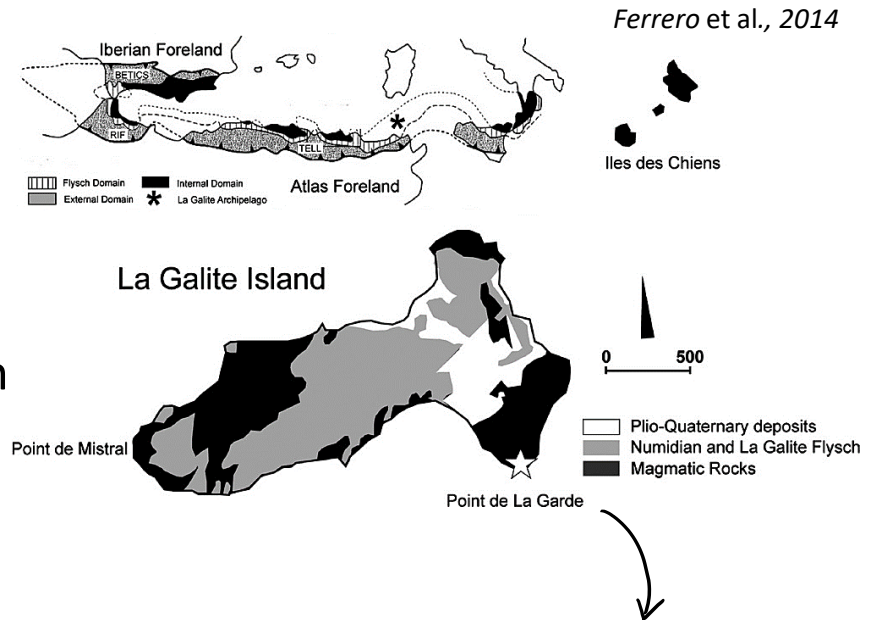


Foto del campione di granodiorite in studio



Vista di La Galite (Tunisia)

Tecniche analitiche utilizzate

- Microscopio ottico a luce polarizzata
- SEM (*Scanning Electron Microscope*):
 - EDS (*Energy-Dispersion System*)
 - EBSD (*Electron Backscatter Diffraction*)
- EMPA (*Electron Micro Probe Analyzer*)



Microscopio ottico a luce polarizzata



Microscopio elettronico a scansione



Microsonda elettronica

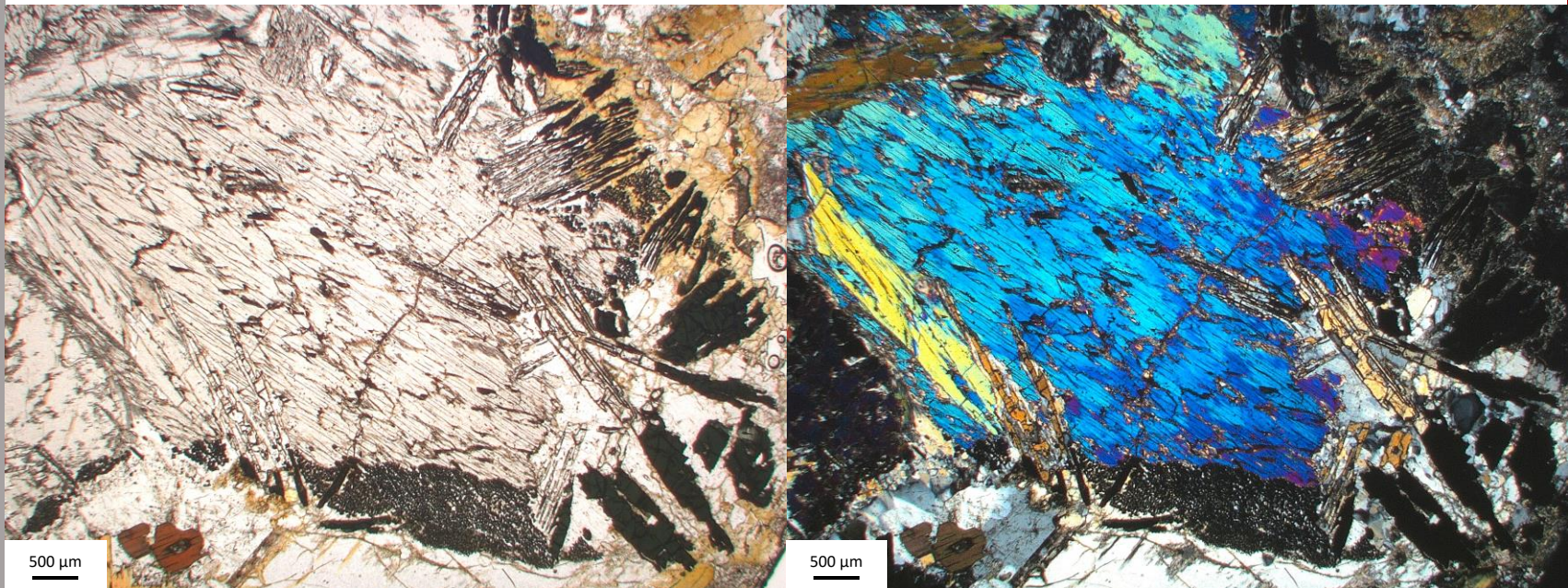
Petrografia

Granodiorite:

- cristalli di Pl e Bt immersi in una pasta di fondo \longrightarrow roccia subvulcanica
- presenza di Qtz, Tur, Crd

Incluso metapelitico:

- all'interno, aggregato centimetrico di Sil
- doppio orlo: internamente Crn, verso il magma Hc $\begin{cases} \nearrow$ cristalli isolati \\ \searrow cristalli a contatto



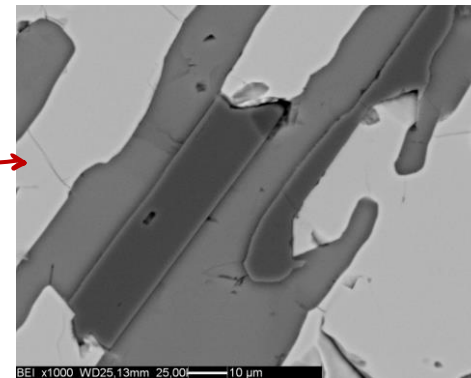
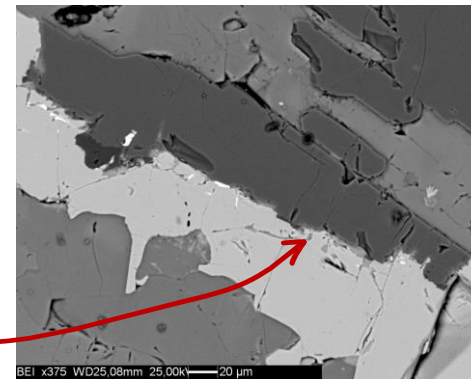
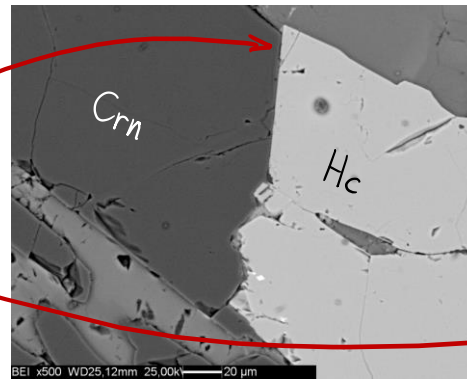
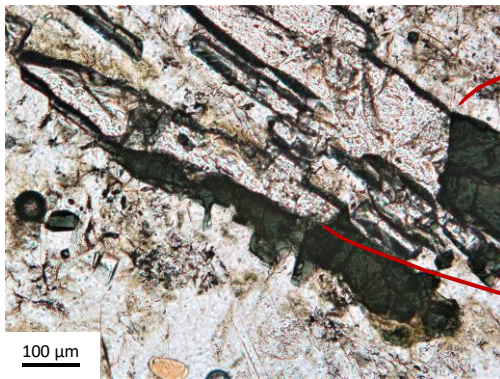
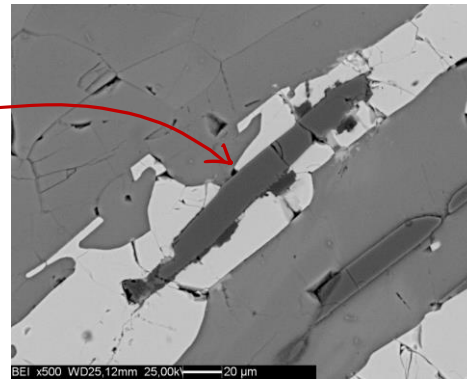
Immagini al microscopio ottico: a nicols paralleli (sinistra) e incrociati (destra)

Rapporti microstrutturali

Le due fasi sono caratterizzate da un marcato abito allungato

Contatto Crn-Hc:

- netto
- ortogonale, parallelo o inclinato rispetto alla direzione di allungamento



Immagini al microscopio ottico a luce polarizzata (colonna sx) e al SEM con elettroni retrodiffusi (BSE; colonne centrale e dx)

Chimica delle fasi (EMPA)

Plagioclasio

- $(Ca_x Na_{1-x}) Al_{1+x} Si_{3-x} O_8$
- zonatura chimica evidente (BSE)
- componente An tra 43 e 81%
- basso contenuto in componente Ks

Ercinite

- $(Mg, Fe^{2+}) Al_2 O_4$
- $0,21 \leq \chi_{Mg} \leq 0,25$
- componente Gah $\leq 2\%$

Fillosilicati

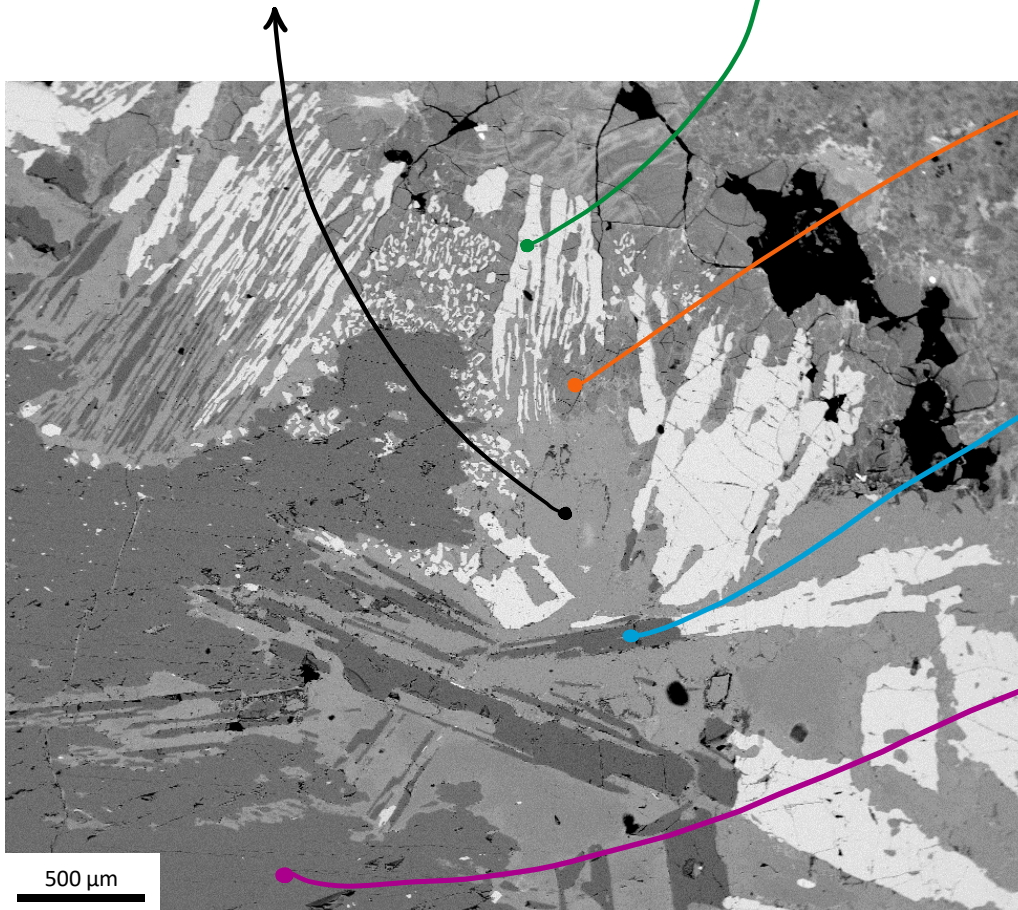
- muscoviti e cloriti
- minerali da alterazione

Corindone

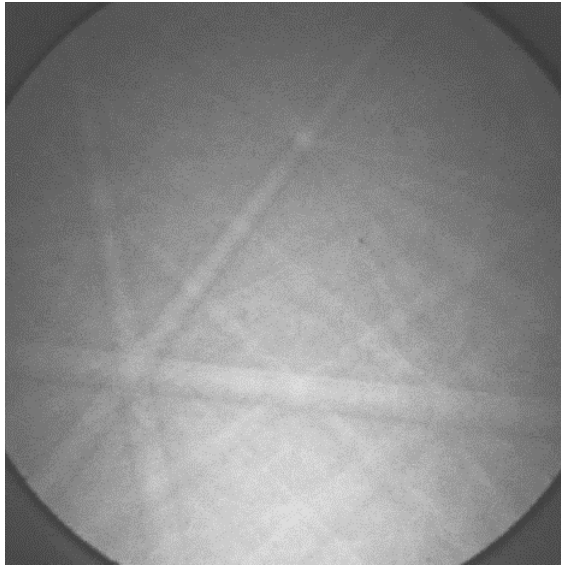
- $Al_2 O_3$
- stechiometrico
(contenuto $Fe_2 O_3 \leq 0,8\%$)

Sillimanite

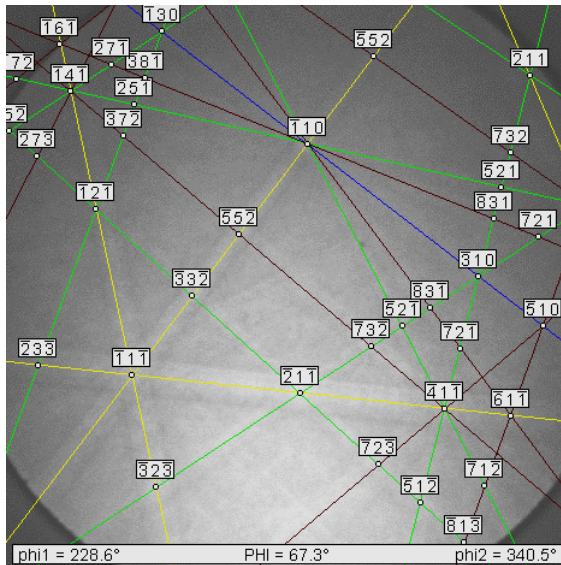
- polimorfo $Al_2 SiO_5$



Diffrazione elettronica (EBSD)



Pattern di diffrazione EBSD



Indicizzazione del pattern di diffrazione EBSD

Introduzione alla tecnica

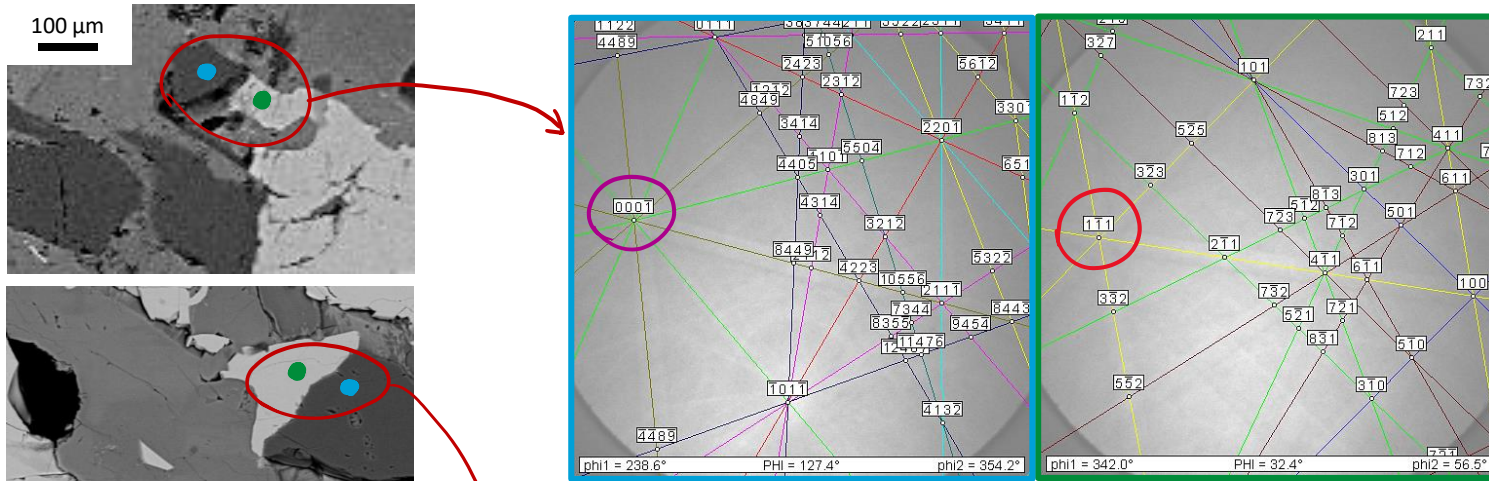
- diffrazione elettronica causata dall'interazione del fascio elettronico emesso dal SEM con il campione; gli elettroni diffratti vengono raccolti da uno schermo al fosforo
- si ottiene un pattern di diffrazione EBSD, in cui le *Kikuchi lines* forniscono una rappresentazione dei piani reticolari
- l'indicizzazione del pattern da parte di un software, permette di ricavare l'orientazione del cristallo

Nel caso in studio, si ricerca il parallelismo tra assi cristallografici (relazione epitassiale tra le fasi)

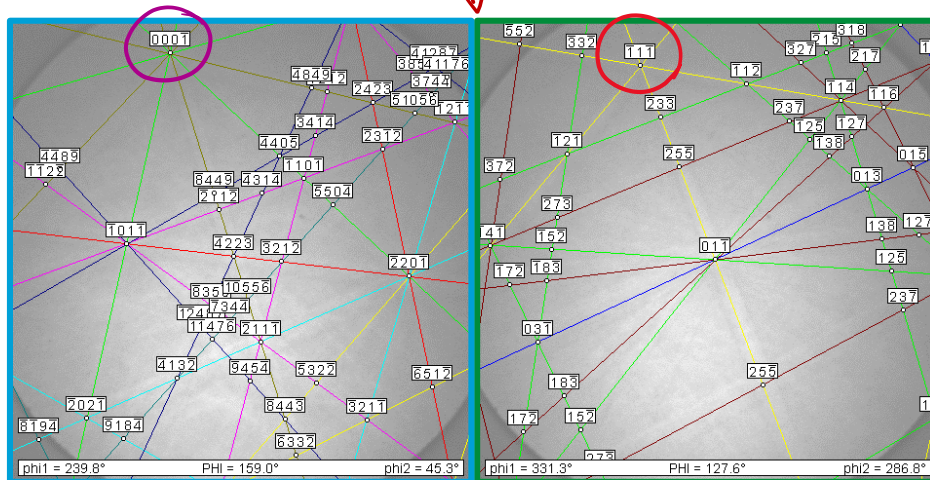
Diffrazione elettronica (EBSD)

Risultati dell'indagine (I)

Monocristalli di Crn ed Hc → consideriamo i punti prossimi alle interfacce



$[000\bar{1}]$ (asse 3) → $[\bar{1}\bar{1}1]$ (asse 3)



$[000\bar{1}]$ (asse 3) → $[\bar{1}\bar{1}1]$ (asse 3)

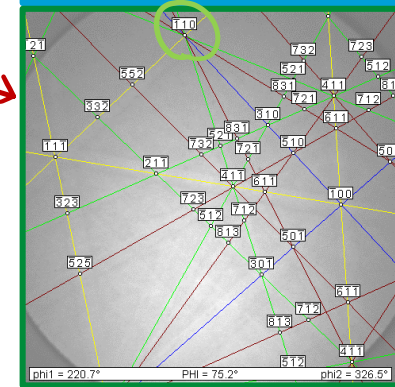
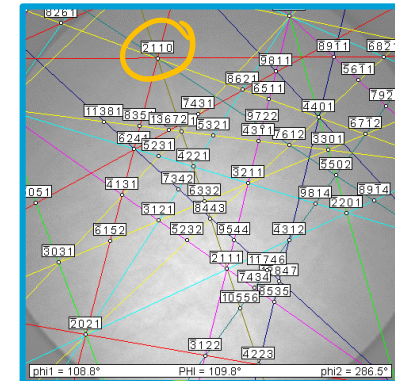
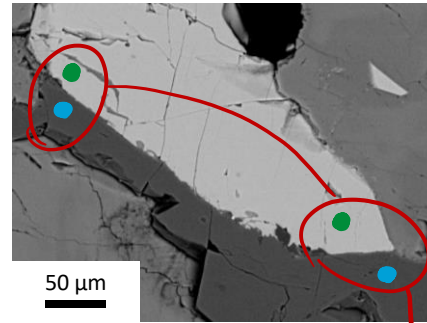
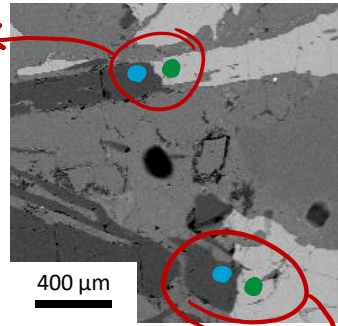
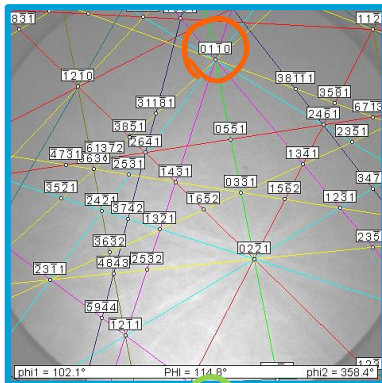
$\langle 0001 \rangle$ (asse 3)



$\langle 111 \rangle$ (asse 3)

Diffrazione elettronica (EBSD)

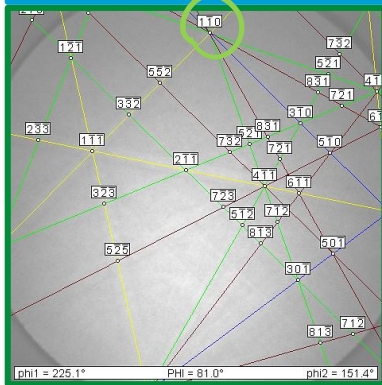
Risultati dell'indagine (II)



$[\bar{2}110]$ (asse 2)



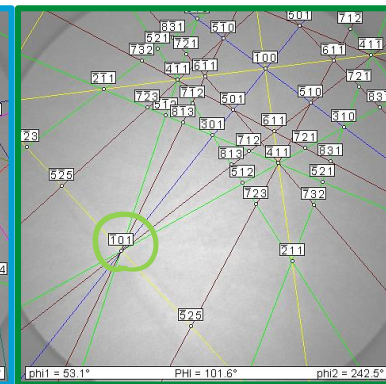
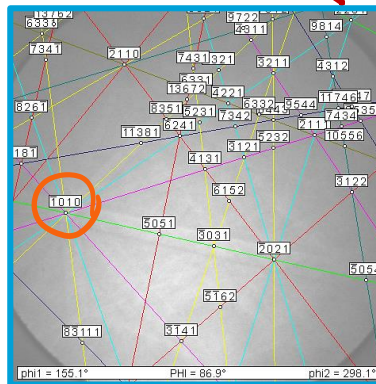
$[\bar{1}10]$ (asse 2)



$[01\bar{1}0]$ (asse 2)



$[\bar{1}\bar{1}0]$ (asse 2)



$[\bar{1}010]$ (asse 2) → $[\bar{1}01]$ (asse 2)

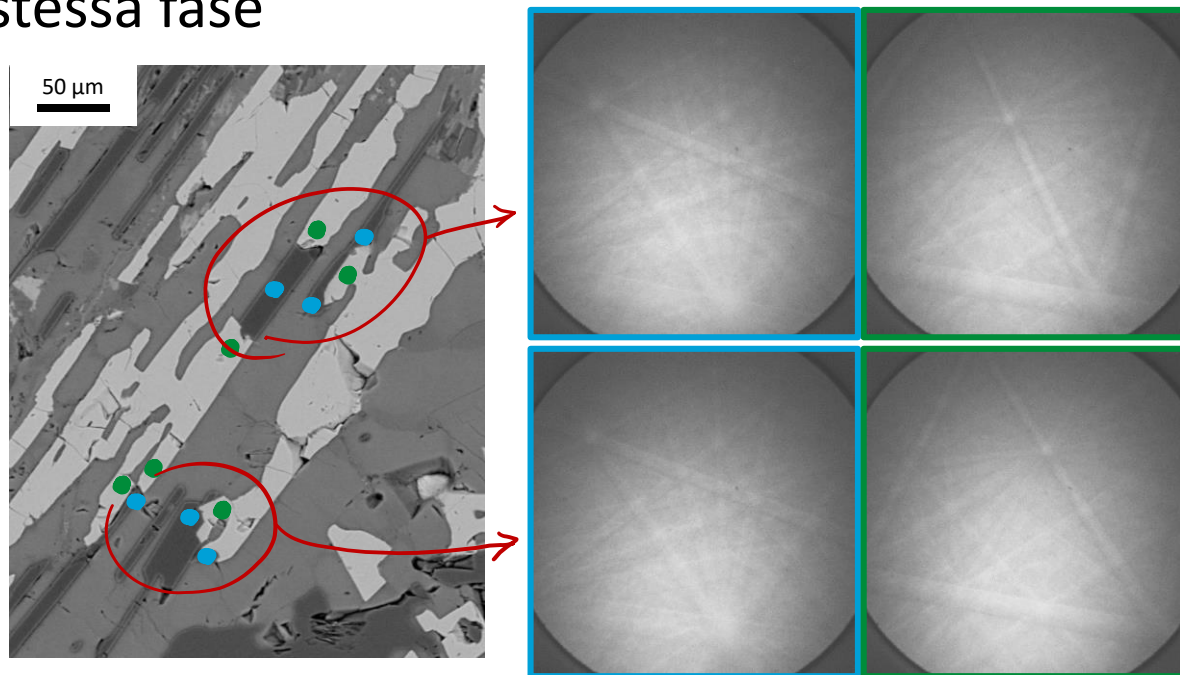
Altri risultati:

- corrispondenze tra le $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ (assi 2) del Crn e le $\langle 100 \rangle$ (assi 4) dell'Hc
- assenza di corrispondenze

Diffrazione elettronica (EBSD)

Risultati dell'indagine (III)

- **monocristalli** di Crn e Hc, con diverse orientazioni
- **iso-orientazione diffusa dei cristalli**, siti in aree limitrofe, di una stessa fase



- sembra essere presente **parallelismo** – o prossimità al parallelismo – **tra assi cristallografici di Crn ed Hc**

Discussione e conclusioni

Rapporti reciproci di crescita:

Nodulo pelitico di Sil inglobato in un magma contenente Fe e Mg, da cui si formano cristalli di Crn e Hc:

- non ci sono microstrutture che indicano se una fase si forma prima o dopo l'altra o a spese dell'altra
- Crn si trova internamente rispetto ad Hc: si potrebbe ipotizzare che il Crn si formi prima dell'Hc

Possibile relazione epitassiale Crn-Hc:

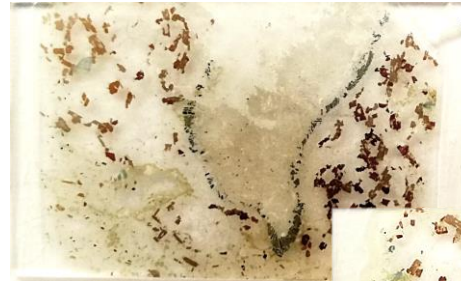
- limitato numero di dati → statisticamente non sufficientemente significativi
- problemi di indicizzazione dei pattern
- presenza frequente di parallelismo tra coppie di assi cristallografici, in particolare tra $\langle 0001 \rangle \rightarrow \langle 111 \rangle$ (assi 3) e $\langle 10\bar{1}0 \rangle \rightarrow \langle 110 \rangle$ (assi 2), come già riportato in letteratura



orientazione non casuale tra i cristalli di Crn e quelli di Hc

Prospettive future

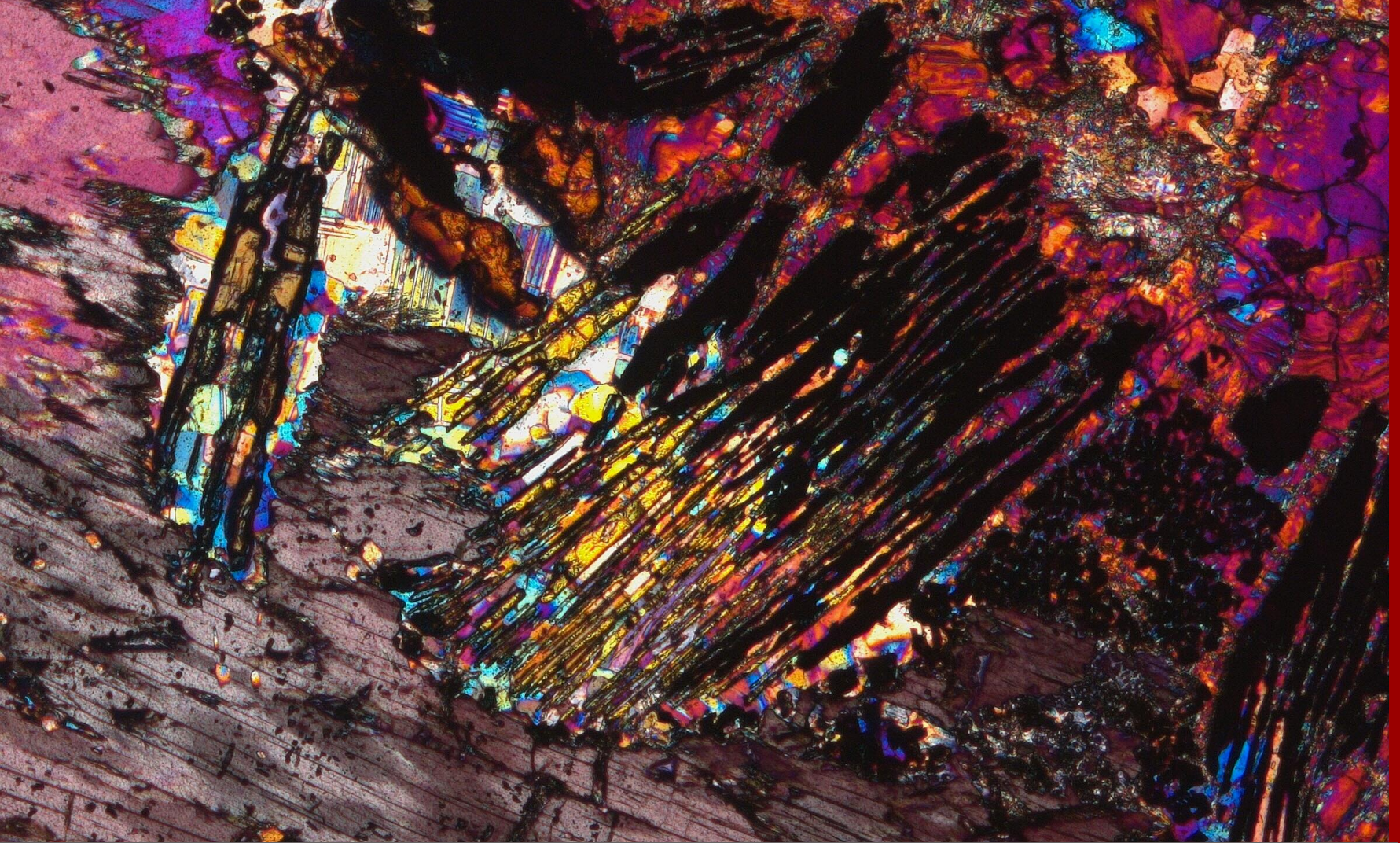
- maggior numero di sezioni sottili, tagliate anche con orientazioni diverse
- acquisizione di un numero maggiore dati con l'EBSD, specialmente su campioni ottenuti con FIB – SEM
- analisi al TEM (*Transmission Electron Microscope*), su campioni ottenuti con FIB – SEM, per ottenere informazioni sulla microstruttura a livello nanometrico



Sezioni sottili utilizzate



Microscopio elettronico a trasmissione



Grazie dell'attenzione