



**POLITECNICO
DI MILANO**



Tecniche di anodizzazione del titanio per l'ottenimento di rivestimenti superficiali per applicazioni meccaniche

A. Cigada, B. Del Curto, M.V. Diamanti, F. Giovagnoni,
MP. Pedferri, E. Sandrini

Politecnico di Milano CMIC "Giulio Natta" - Nanosurfaces



Il titanio_applicazioni



POLITECNICO
DI MILANO



Anodizzazione del titanio per applicazioni meccaniche

mariapia.pedefferri@polimi.it



Il titanio_applicazioni_architettura





Il titanio_PERCHÈ?



POLITECNICO
DI MILANO

- ✓ Proprietà meccaniche
- ✓ Densità
- ✓ Proprietà di superficie



Il titanio_PERCHÈ?



POLITECNICO
DI MILANO

✓ Proprietà meccaniche

- ✓ modulo di elasticità
- ✓ sforzo di rottura
- ✓ sforzo di snervamento
- ✓ allungamento

110 GPa

450-650 MPa

270-600 MPa

5-25 %

✓ Densità

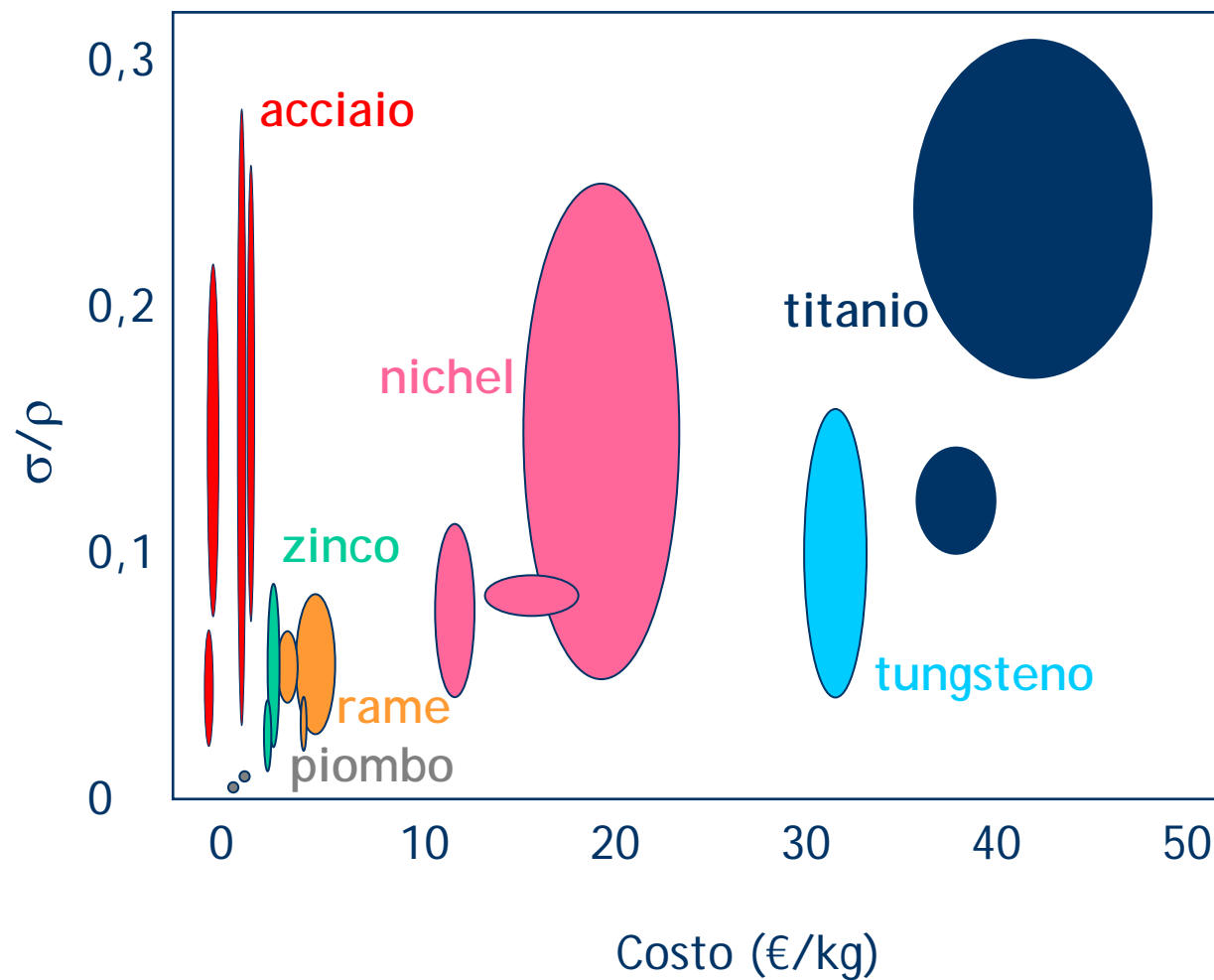
- ✓ $\rho = 4,5 \text{ g/cm}^3$



Il titanio_PERCHÈ?



POLITECNICO
DI MILANO





Il titanio_PERCHÈ?



POLITECNICO
DI MILANO

- ✓ Proprietà meccaniche
- ✓ Densità
- ✓ Proprietà di superficie
 - ✓ Resistenza a corrosione



Il titanio_PERCHÈ?



POLITECNICO
DI MILANO

- ✓ Proprietà meccaniche
- ✓ Densità
- ✓ Proprietà di superficie
 - ✓ Resistenza a corrosione
 - ✓ Fotocatalisi
 - ✓ Superidrofilia fotoindotta



Il titanio_PERCHÈ NO?



POLITECNICO
DI MILANO

- ✓ Proprietà di superficie
 - ✓ Modesta resistenza all'usura
 - ✓ Se accoppiato ad altri metalli: galling
 - ✓ Suscettibile al fretting



Il Titanio_il film di TiO_2



POLITECNICO
DI MILANO

- ✓ Film protettivo di pochi nanometri di spessore (TiO_2)

Ossido

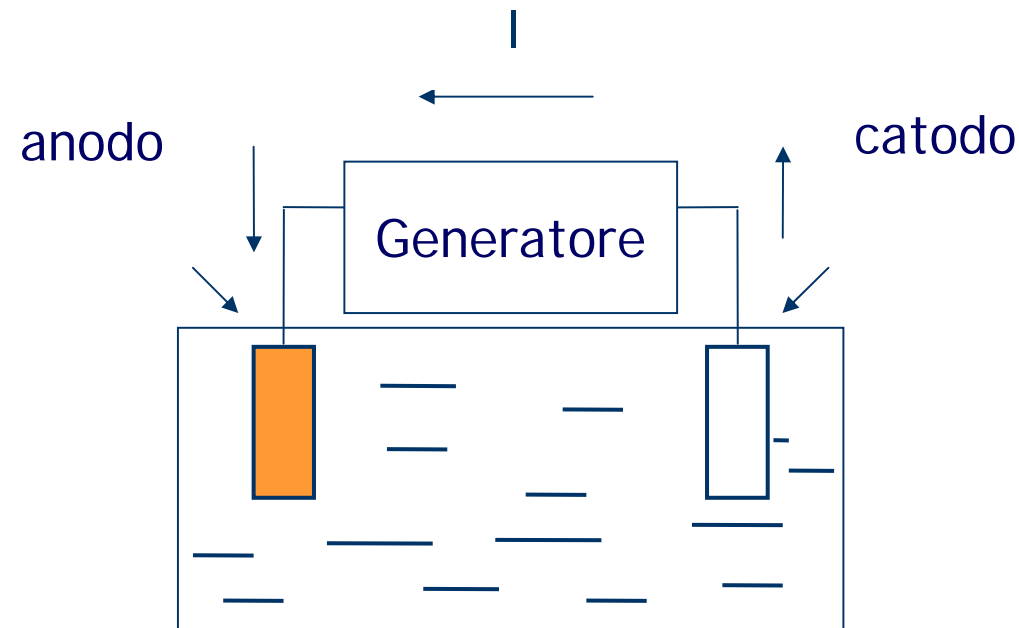
Titanio





Il titanio_ossidazione anodica

- ✓ Metodo elettrochimico che consente di modificare l'ossido superficiale
- ✓ Morfologia, struttura e spessore dipendono dai parametri di processo: composizione dell'elettrolita, temperatura, densità di corrente, potenziale

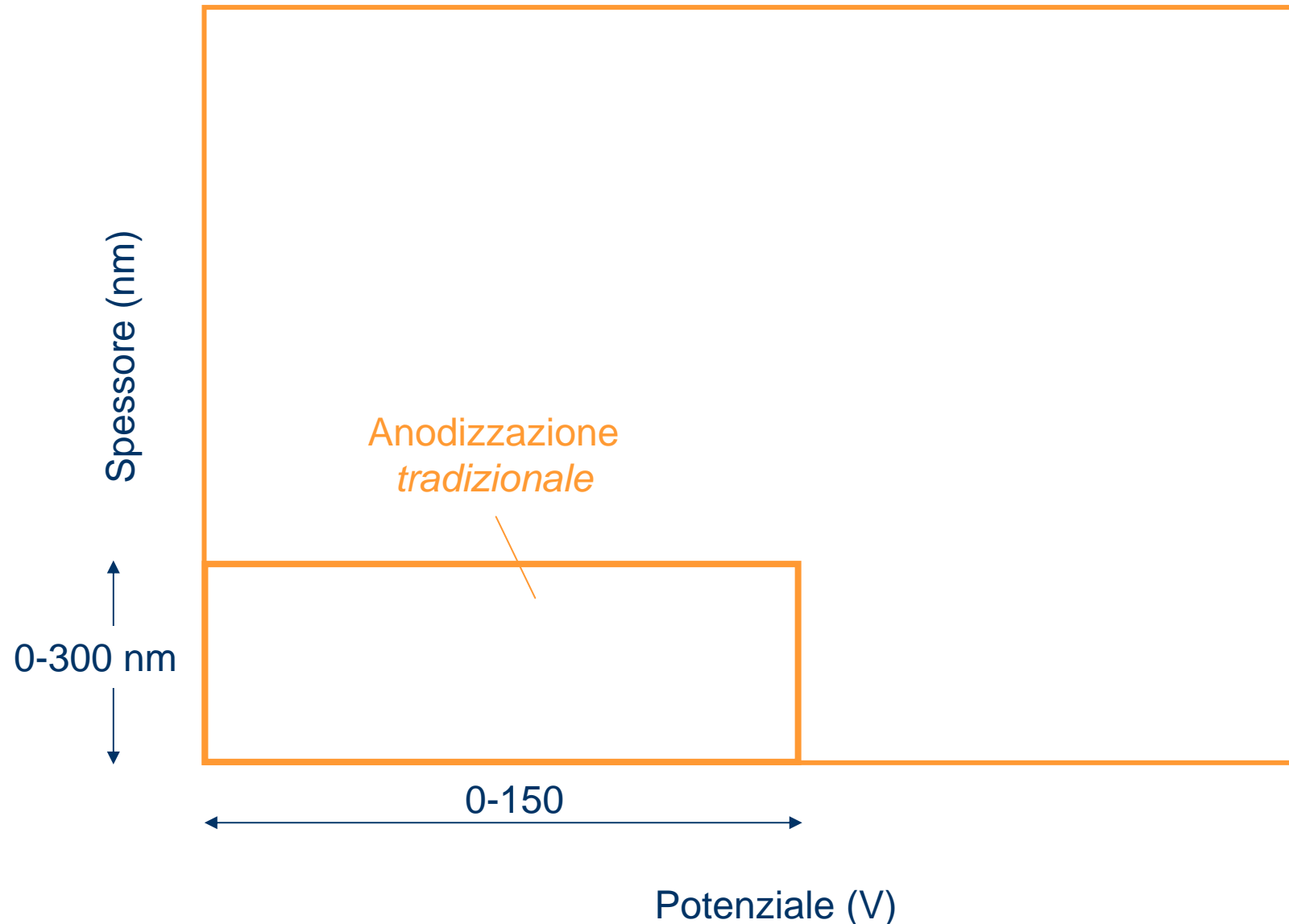




Anodizzazione



POLITECNICO
DI MILANO

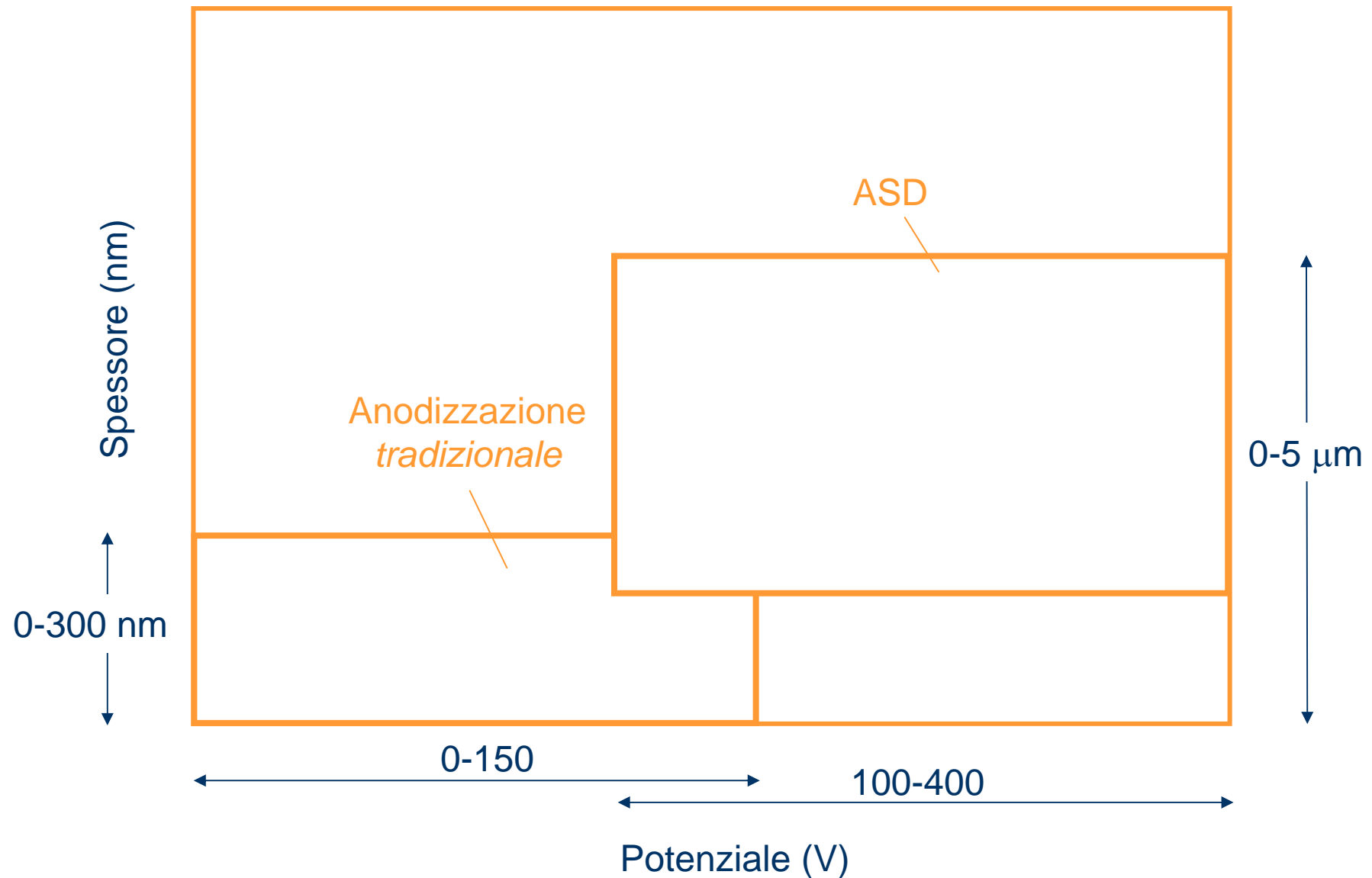


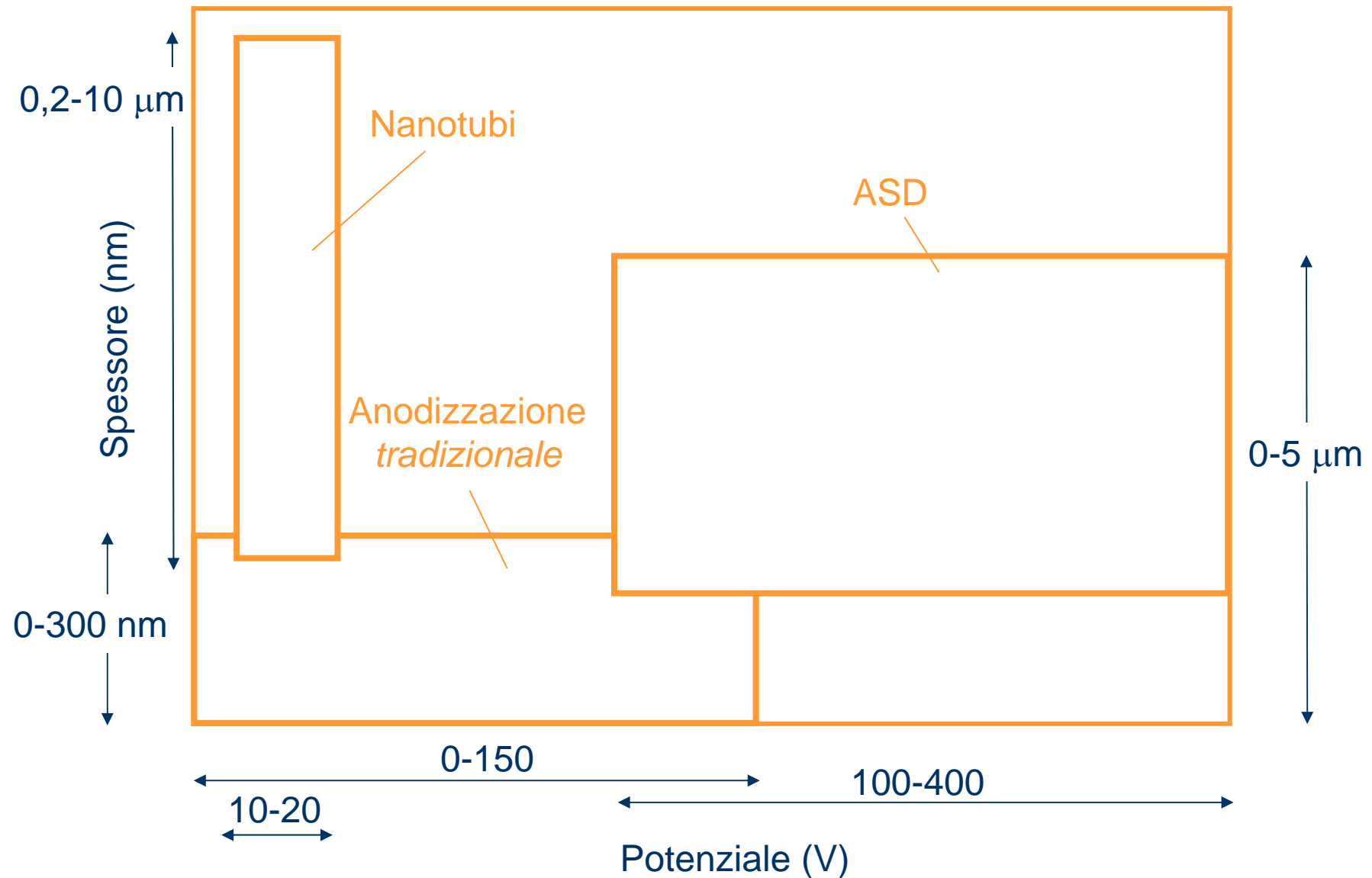


Anodizzazione



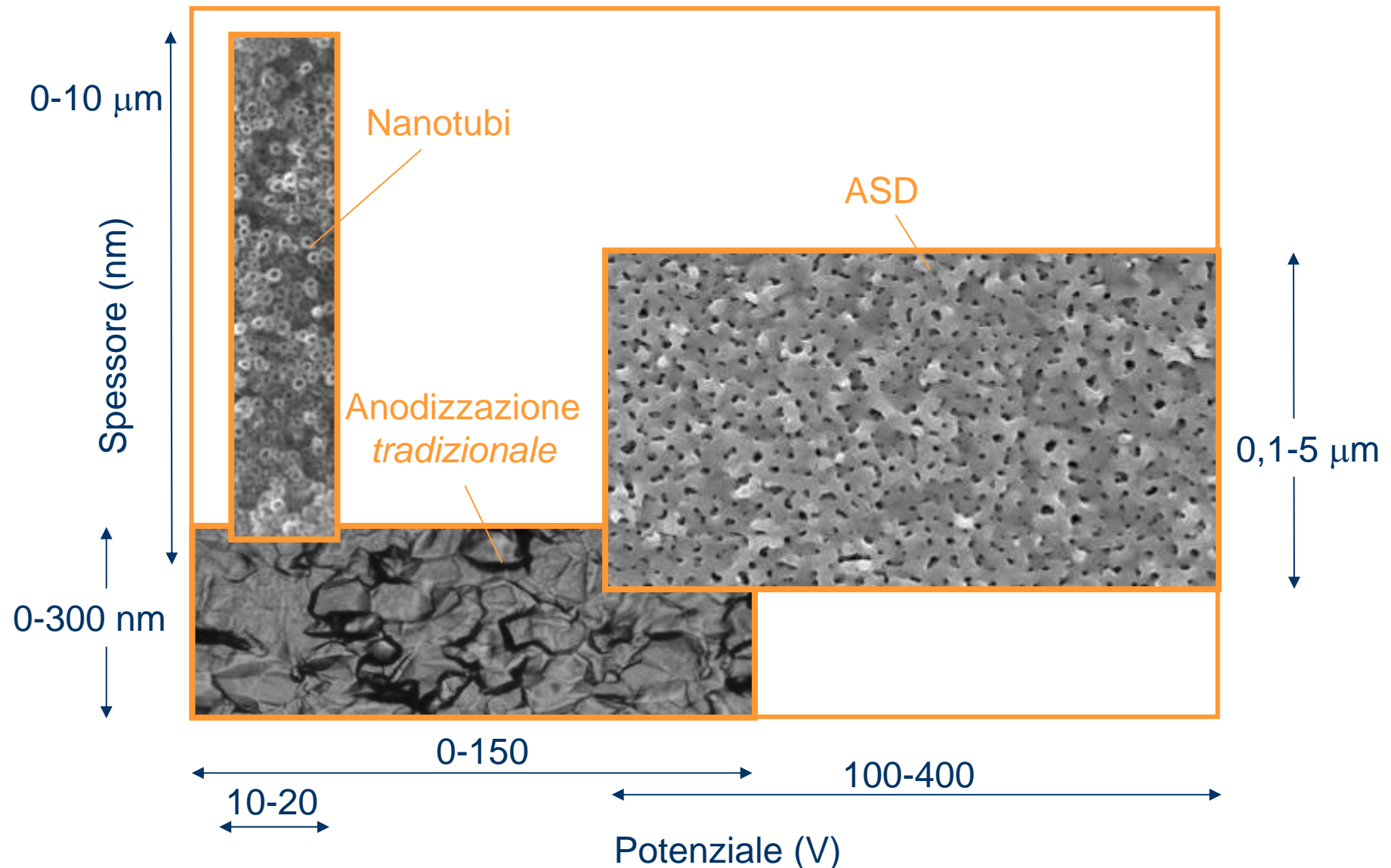
POLITECNICO
DI MILANO





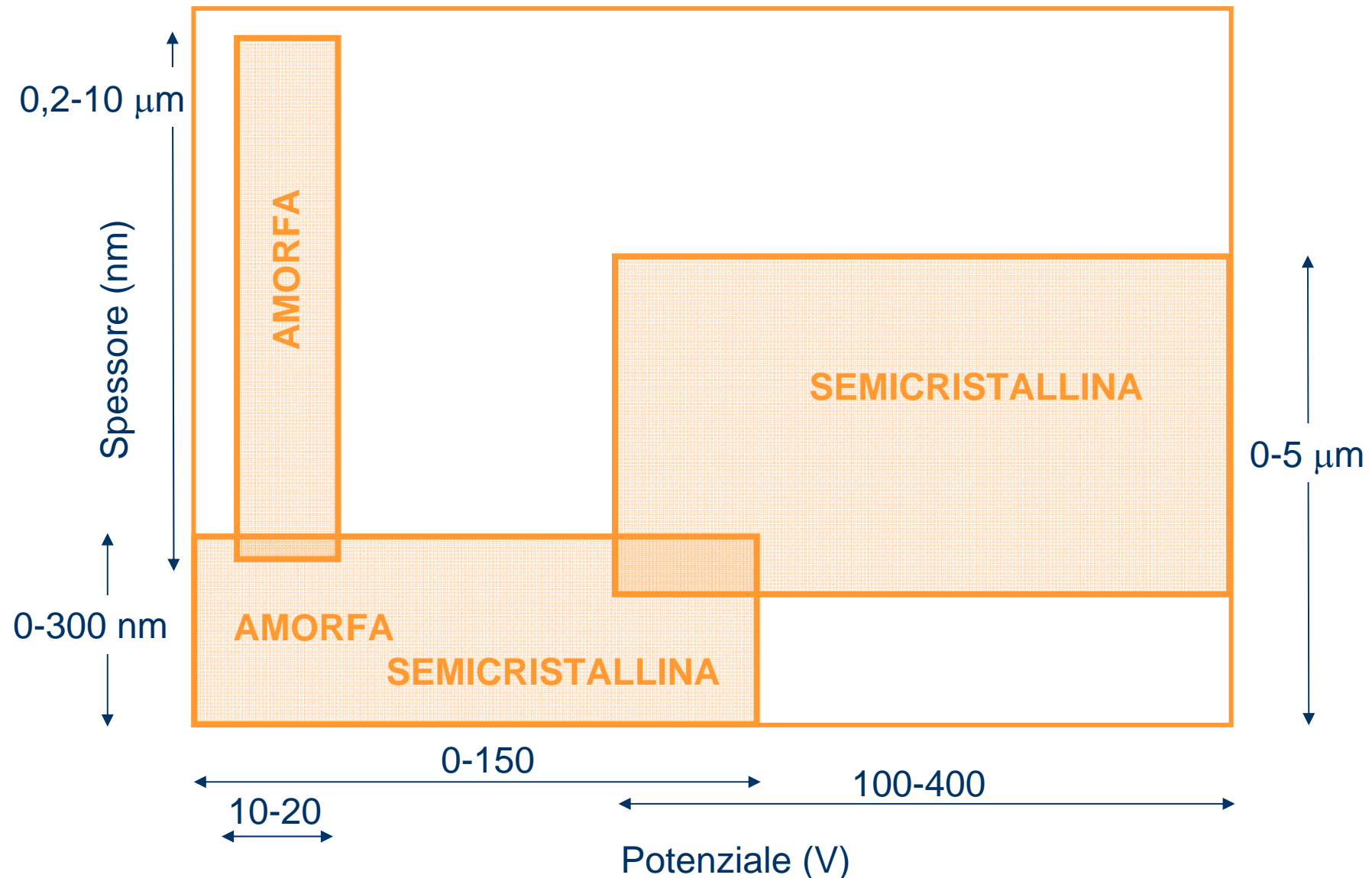


Anodizzazione: morfologia



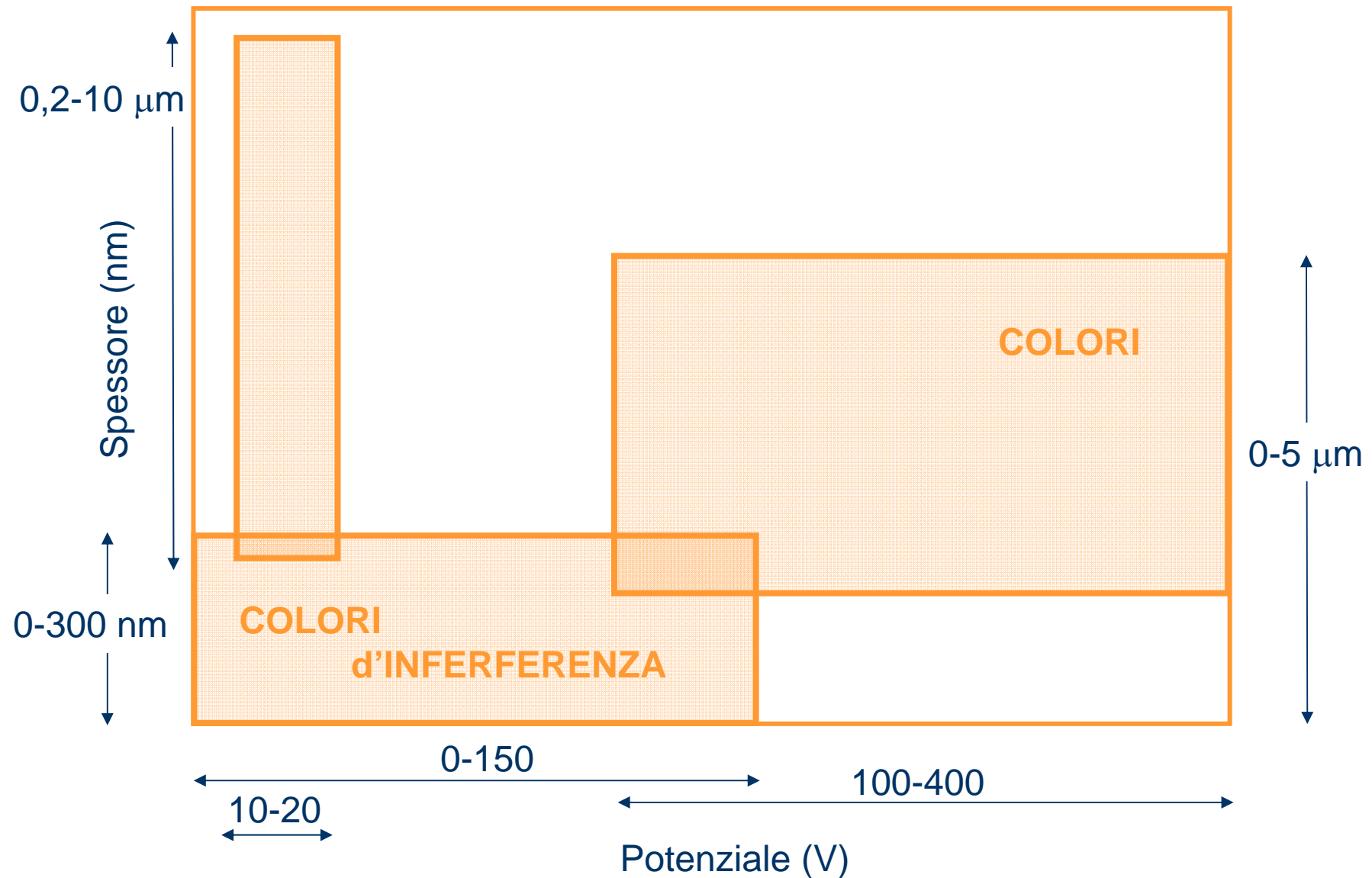


Anodizzazione: struttura cristallina





Anodizzazione: colore





Il titanio_i suoi colori



POLITECNICO
DI MILANO



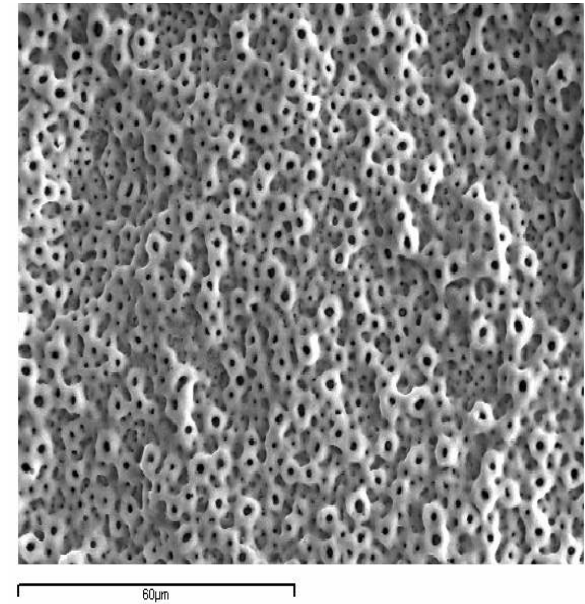
Anodizzazione del titanio per applicazioni meccaniche

mariapia.pedefferri@polimi.it



Anodic Spark Deposition

- ✓ Anodizzazione ad alto voltaggio
- ✓ Rottura del dielettrico
- ✓ Micro-archi elettrici localizzati sulla superficie
- ✓ Ossidi porosi e drogati
- ✓ Ossidi cristallini: anatasio e rutilo





- ✓ NanoSurfaces spin-off del Politecnico
- ✓ Trattamento ASD + post-trattamento meccanico
 - ✓ Aumenta la durezza superficiale
 - ✓ Aumenta la resistenza al fretting
 - ✓ Aumenta la resistenza all'usura



- ✓ micro-hardness Vickers
 - ✓ Carico: 50 g
 - ✓ Tempo di applicazione 10 s

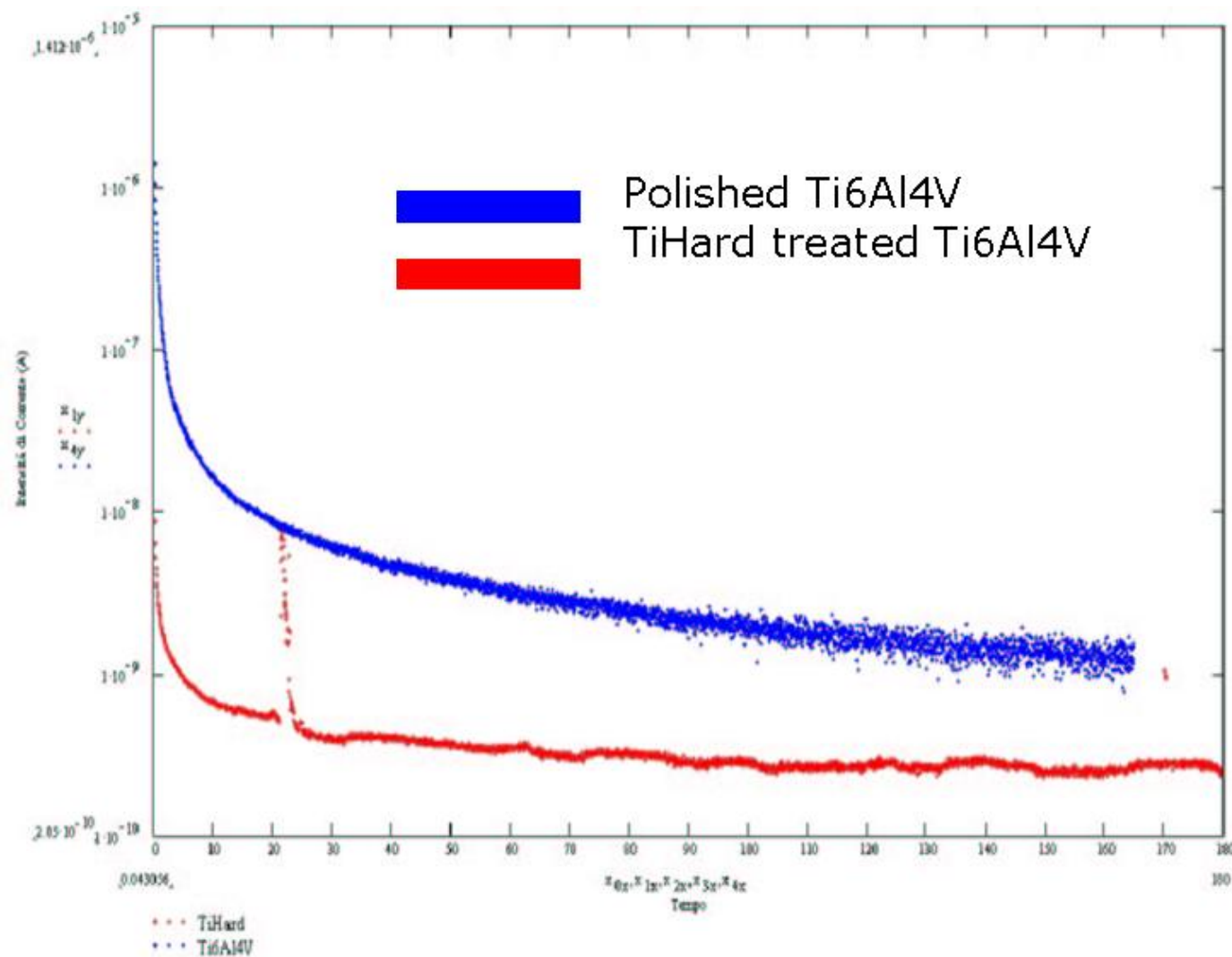
	HV (Vickers Hardness)
TiHard	967 ± 34
Ti 6Al 4V	451 ± 29

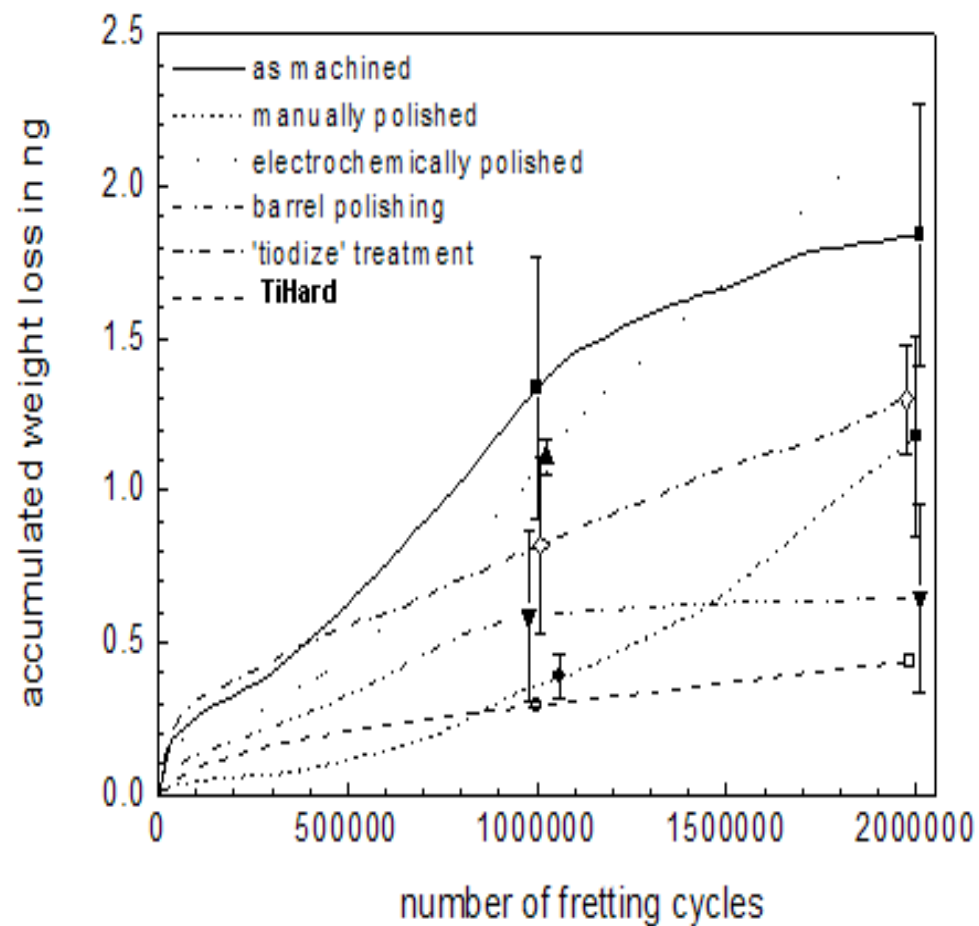


TiHard™-resistenza a corrosione



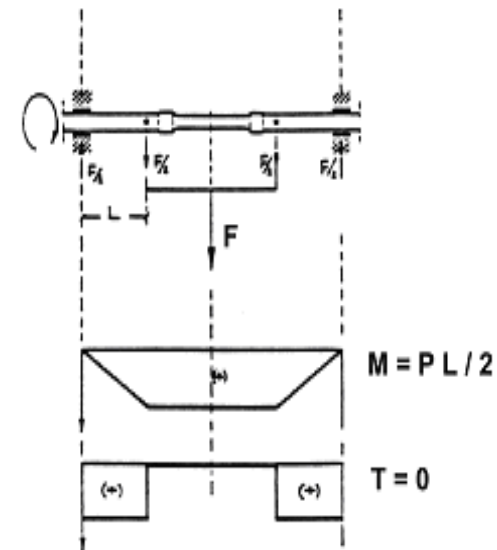
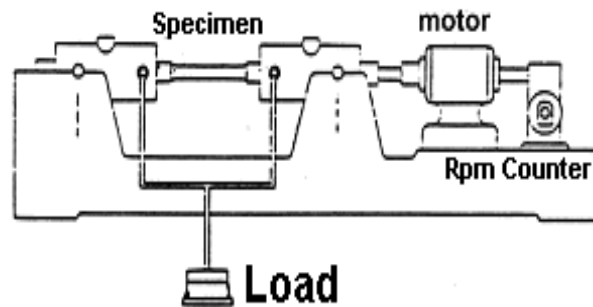
POLITECNICO
DI MILANO







- ✓ Trattamenti TiHard aumenta la resistenza a fatica
- ✓ Confronto titanio vs titanio+TiHard:
 - ✓ Aumento del 30%







- ✓ Nel 2007 sono stati trattati 40000 bulloni





POLITECNICO
DI MILANO

Grazie per l'attenzione