

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK



Elektronikai technológia és anyagismeret – VIETAB00

Reális kristályok, rácshibák

REÁLIS KRISTÁLYOK

- Gyakorlati fémek szilárdsága kevesebb, mint 1 %-a az ideális modell alapján számítható szilárdságnak
- Tiszta Si villamos vezetőképességét 10^{-8} tömegszázalék bór adalékolása a kétszeresére növeli
- KRISTÁLYHIBÁK

Reális kristályok, rácshibák 2/34

KRISTÁLYHIBA-TÍPUSOK

- Ponthibák (0 dim.)
- Vonalszerű hibák (1 dim.)
- Felületszerű hibák (2 dim.)
- Térfogati hibák (3 dim.)

Reális kristályok, rácshibák 3/34

Rácshibák

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

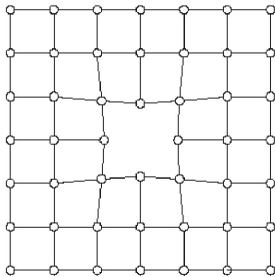
PONTHIBÁK TÍPUSAI

- Vakancia
- Szubsztitúciós atom
- Interszticiós atom
 - saját
 - idegen

Reális kristályok, rács hibák

4/34

VAKANCIA

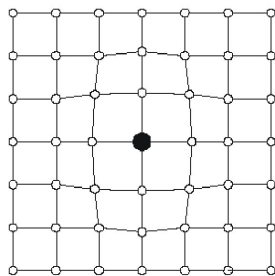


A vakancia egy atom hiánya a rácsból. A körülötte lévő atomokra ható vonzó és taszító erők megváltoznak, így a vakancia környezetében rács torzulás lép fel.

Reális kristályok, rács hibák

5/34

SZUBSZTITÚCIÓS ATOM



A szubsztitúciós atom egy idegen atom a rácspontban. A körülötte lévő atomokra ható vonzó és taszító erők megváltoznak, így a szubsztitúciós atom környezetében rács torzulás lép fel.

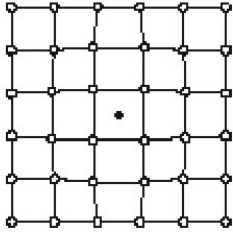
Reális kristályok, rács hibák

6/34

Rács hibák

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

INTERSZTÍCIÓS ATOM

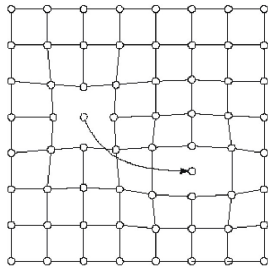


Az interstíciós atom egy idegen atom a rácspontok között. A körülötte lévő atomokra ható vonzó és taszító erők megváltoznak, így az interstíciós atom környezetében rácsstorzulás lép fel.

Reális kristályok, rácshibák

7/34

FRENKEL-MECHANIZMUS

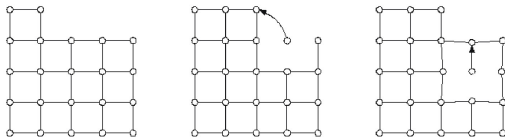


Nagy energiaközlés, pl. részecske-besugárzás hatására egy rácstatom elhagyja a helyét, és interstíciós helyzetbe kerül (saját interstíciós atom). Rendkívül nagymértékű rácsstorzulást okoz.

Reális kristályok, rácshibák

8/34

WAGNER-SCHOTTKY MECHANIZMUS



A szabad felületről atomok távoznak el, amelyek helyére az anyag belsejéből ugranak fel atomok, így tulajdonképpen egy vakancia diffundál az anyag belsejébe.

Reális kristályok, rácshibák

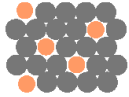
9/34

Rácshibák

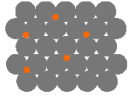
KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

PONTHIBÁK ÖTVÖZETEKBEN

- Szilárd oldat: alapfém (A) + oldott atom (B)



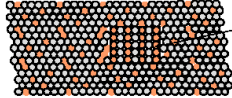
vagy



Szubsztitúciós szilárd oldat
(pl. Ni-alapfém + Cu-ötvöző)

Interszticiós szilárd oldat
(pl. Fe-alapfém + C-ötvöző)

- Szilárd oldatban (A + B) új második fázis is keletkezhet



Második fázisú részecske
– különböző összetétel
– különböző szerkezet

Reális kristályok, rácshibák

10/34

VONALSZERŰ (1 DIMENZIÓS) RÁCSHIBÁK

- Fémek elméleti és mért folyáshatára között óriási eltérés, nem magyarázható mérési hibával
- Diszlokációelmélet: az alakváltozás nem egy lépésben történik → diszlokációk mozgása

Reális kristályok, rácshibák

11/34

MECHANIKAI JELLEMZŐK

$$\nu = \frac{\epsilon_{\text{merőleges}}}{\epsilon_{\text{párhuzamos}}}$$

Poisson-tényező
(ϵ az alakváltozás mértéke)

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

Húzófeszültség

$$\tau = G \cdot \gamma$$

Nyírófeszültség

$$E = 2G(1 + \nu)$$

Modulusok közötti
összefüggés

Reális kristályok, rácshibák

12/34

Rácshibák

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

ELMÉLETI FOLYÁSHATÁR

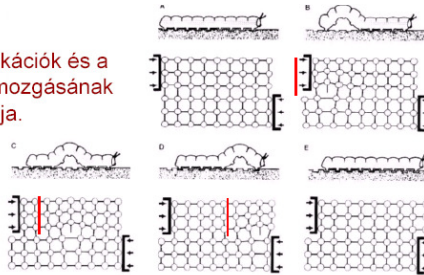
- Az elméleti folyáshatár kiszámításánál azt feltételezzük, hogy az alakváltozás során az egyes kristálysíkok egy lépésben, az atomok egyidejű elmozdulásával csúsznak el egymáson.
- Az így számított csúsztató feszültség, ami a képlékeny alakváltozás megindításához szükséges, 1-2 nagyságrenddel nagyobb, mint a mért értékek.
- Következtetés: a képlékeny alakváltozás során a kristálysíkok nem egy lépésben csúsznak el egymáson, hanem folyamatos mozgással, azaz lesznek olyan tartományok, ahol az elcsúszás már megtörtént, és lesznek olyanok, ahol még nem.
- Az ezeket a tartományokat elválasztó határvonalakat hívjuk *diszlokációknak*.

Reális kristályok, rács hibák

13/34

DISZLOKÁCIÓK MOZGÁSA

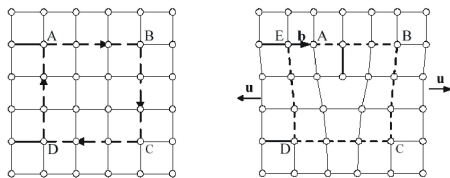
A diszlokációk és a hernyó mozgásának analógiája.



Reális kristályok, rács hibák

14/34

BURGERS-KÖR



Ha egy ép kristályban egy rácspontból kiindulva azonos rácspontnyi lépést teszünk meg jobbra, lefelé, balra, majd felfelé, akkor visszajutunk a kiindulópontba. Ha a kristály diszlokációt tartalmaz, akkor a kezdő- és végpont nem lesz ugyanaz. Az őket összekötő vektor a Burgers-vektor

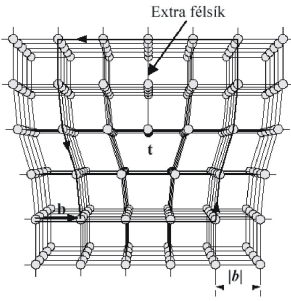
Reális kristályok, rács hibák

15/34

Rács hibák

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

ÉLDISZLOKÁCIÓ



Diszlokáció vonala: l

Beékelődött extra félsík
alsó éle a diszlokáció.

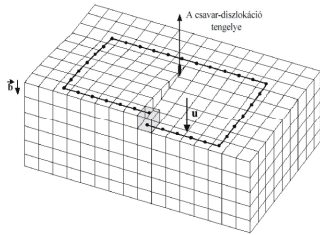
Burgers vektor: b

$b \perp l$, azaz a
diszlokáció vonala és az
által létrehozott elemi
deformáció merőleges
egymásra.

Reális kristályok, rács hibák

16/34

CSAVARDISZLOKÁCIÓ



Diszlokáció vonala: l

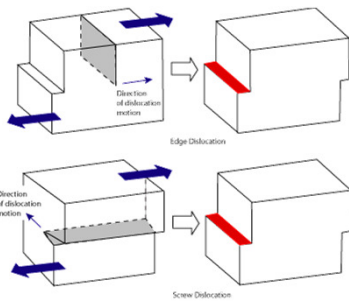
Burgers vektor: b

$b \parallel l$, azaz a
diszlokáció vonala és az
által létrehozott elemi
deformáció párhuzamos
egymással.

Reális kristályok, rács hibák

17/34

DISZLOKÁCIÓK MOZGÁSA



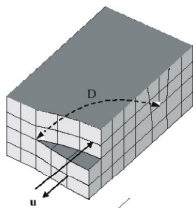
Reális kristályok, rács hibák

18/34

Rács hibák

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

ÖSSZETETT DISZLOKÁCIÓ



Részleges elcsúszás

Térgörbe hálózat

A diszlokáció vonala és az általa okozott elemi deformáció által bezárt szög 0 és 90° között van.

Reális kristályok, rács hibák

19/34

DISZLOKÁCIÓK ALAPVETŐ TULAJDONSÁGAI

- Diszlokáció: elcsúszott és nem elcsúszott részek határa
- Lineáris (lehet görbe)
- Felületen kezdődik és végződik, vagy kristályban záródó görbe
- Az elmozdulás mértéke a diszlokáció egésze mentén állandó
- Burgers vektor a legsűrűbb irányban fekszik és $|b| = d$

Reális kristályok, rács hibák

20/34

FELÜLETSZERŰ RÁCSHIBÁK

- Makroszkópikus felület
- Kétszögű szemcsehatár
- Nagyszögű szemcsehatár
- Fázishatár (koherens, szemikohérens, inkoherens)
- Ikerhatár
- Rétegződési hiba

Reális kristályok, rács hibák

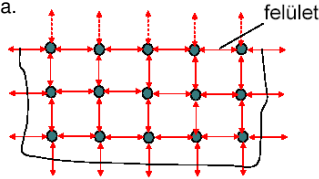
21/34

Rács hibák

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

MAKROSZKÓPIKUS FELÜLET

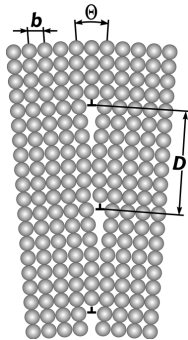
- A kristály felületén az atomok magasabb energiaszinten vannak, mint a kristály belsejében, mivel nem jön létre minden irányban atomi kötés.
- A felület energiaszintje csökken, ha a felülethez újabb atomok kapcsolódnak.
- Oxidrétegek kialakulása.
- Kémiai reakciók.



Reális kristályok, rács hibák

22/34

KISSZÖGŰ SZEMCSEHATÁR



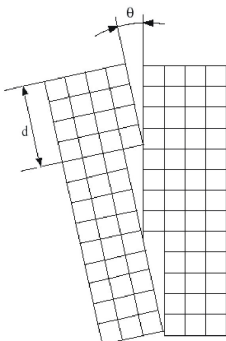
Azonos előjelű
diszlokációk egymás alá
rendeződése

A kisszögű szemcsehatár által
elválasztott tartományok orientációja
közötti szögkülönbség:
 $\theta < 5^\circ$

Reális kristályok, rács hibák

23/34

NAGYSZÖGŰ SZEMCSEHATÁR



A dermedés során
véletlen orientációjú
kristálycsírák össze-
nőnek.
Az egyes szemcsék
csak orientációjukban
különböznek.

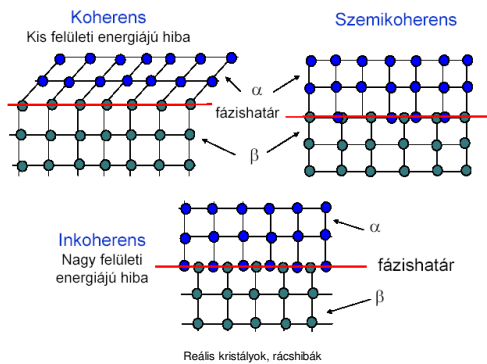
Reális kristályok, rács hibák

24/34

Rács hibák

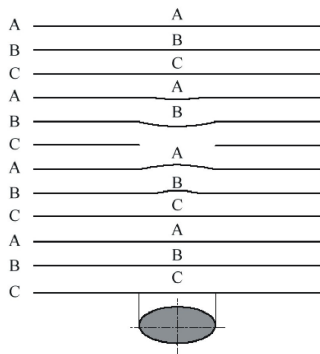
KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

FÁZISHATÁROK



25/34

RÉTEGZŐDÉSI HIBA

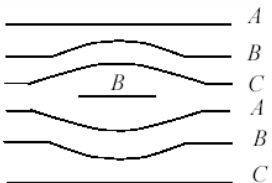


Atomok hiánya miatt
jött létre (belső
rétegződési hiba).
Az atomhiány miatt
megváltozik
lokálisan a
rétegződési rend.

Reális kristályok, rács hibák

26/34

RÉTEGZŐDÉSI HIBA



Beékelődött atomok miatt
jött létre (külső
rétegződési hiba). A
többlet-atomok miatt
lokálisan megváltozik a
rétegződési rend.

Reális kristályok, rács hibák

27/34

Rács hibák

KRISTÁLYTANI ALAPISMERETEK

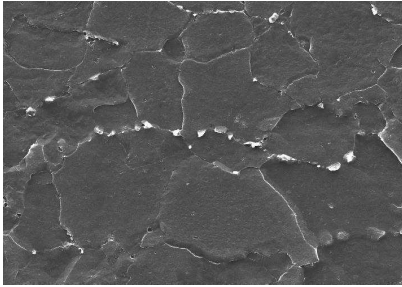
TÉRFOGATI (3 DIM.) HIBÁK

- Üregek
- Zárványok
- Kiválások
- Gázbuborékok

Reális kristályok, rács hibák

28/34

ÜREGEK



Szemcsehatármenti üregek pásztázó elektronmikroszkópos képe.

Reális kristályok, rács hibák

29/34

Rács hibák