

Kristalldefekter

19 okt. 2026, 4 min läsning

UTKAST

#fysik #fasta-tillståndets-fysik #fenomen

Kurs: F0005T Förkunskaper: Kristallgitter

Verkliga material är sällan perfekta enkristaller. En dislokation är ett inskjutet halvt atomplan som gör gittret lokalt förskjutet, och de flesta material är dessutom polykristallina — uppbyggda av många korn med olika orientering och gränssytor emellan.

1. Punktdefekter

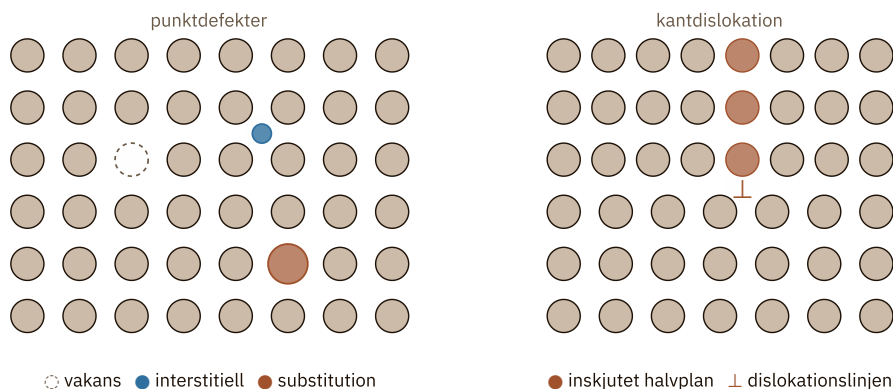
Den enklaste defekten gäller en enda gitterplats. Tre typer räcker för kursen:

- **Vakans.** En atom saknas på sin plats. Vid varje temperatur över noll finns det vakanser i jämvikt, eftersom värmerörelsen då och då slår ut en atom. Det är genom att hoppa in i vakanser som atomer diffunderar genom en fast kropp.
- **Interstitiell atom.** En atom sitter i ett mellanrum mellan gitterplatserna. Det fungerar bäst för små atomer, som kol i järn: kolet trycker isär järnatomerna och gör stålet hårdare.
- **Substitutionell förorening.** En främmande atom har tagit en ordinarie plats, som en fosforatom i kisel. Det är precis vad **dopning** är.

I en jonkristall måste laddningen gå jämnt ut. Saknas en Na^+ -jon i NaCl saknas därför oftast också en Cl^- -jon någon annanstans, eller så kompenseras laddningen på annat sätt.

2. Dislokationer

En **kantdislokation** är ingressens inskjutna halvplan: ett extra atomplan som slutar mitt i kristallen. Längs kanten av halvplanet, dislokationslinjen, är gittret ihoptryckt på ena sidan och utdraget på den andra. Det är en linjedefekt, eftersom störningen följer en linje genom kristallen.



Vänster: tre punktdefekter i ett gitter, en vakans, en interstitiell atom och en substitutionell främmande atom. Höger: en kantdislokation, där ett extra halvplan av atomer slutar mitt i kristallen.

Varför metaller går att böja. För att förskjuta ett helt atomplan längs ett annat på en gång måste alla bindningar över planet brytas samtidigt, och det kräver en skjuvspänning som är hundratals gånger större än vad metaller i själva verket tål. Med en dislokation behöver bara en rad bindningar i taget bytas: halvplanet kopplar om till grannplanet, dislokationen flyttar ett atomavstånd och processen upprepas. Resultatet blir samma förskjutning, men med en bråkdel av kraften, ungefär som när man flyttar en matta genom att skjuta en veck längs den i stället för att dra hela mattan.

Allt som hindrar dislokationerna från att röra sig gör materialet hårdare: främmande atomer, korngränser och andra dislokationer. Därför hårdnar en metall när den bearbetas kallt, eftersom dislokationerna då trasslar in sig i varandra.

3. Korngränser och ytor

De flesta material är **polykristallina**. När en smälta stelnar börjar kristaller växa på många ställen samtidigt, med olika orientering, och där de möts uppstår **korngränser** där gittret byter riktning. En korngräns är en ytdefekt. Den största ytdefekten av alla är kristallens egen yta, där atomerna saknar grannar på ena sidan.

En **enkristall** saknar korngränser helt. Kiselskivor för elektronik sågas ur enkristaller, eftersom korngränser skulle fånga upp laddningsbärarna och förstöra komponenterna.

⚠ Vanliga fel

- **Dislokation och vakans förväxlas.** En vakans är en enda saknad atom (punkt). En dislokation är ett extra *halvplan* med en kant som löper genom kristallen (linje).
- **Interstitiell och substitutionell förväxlas.** Substitutionell betyder att atomen sitter *på* en gitterplats, interstitiell att den sitter *mellan* dem.
- **“Defekter är alltid dåliga.”** Dopning är avsiktliga punktdefekter, och kol i järn gör stål. Utan defekter skulle metaller varken gå att forma eller förstärka.

4. Lösta exempel

☰ Exempel – Klassificera defekterna

Klassificera defekterna:

a) en arsenikatom på en kiselplats i en kiselkristall, b) en kolatom mellan järnatomerna i stål, c) en saknad Na^+ -jon i NaCl , d) ett extra halvplan av atomer i en kopparkristall.

Vilken av dem påverkar främst kislelets elektriska ledningsförmåga, och vilken förklarar att koppar går att böja?

Lösning

a) Arsenik tar en ordinarie plats: **substitutionell förorening**. Arsenik har fem valenselektroner mot kislets fyra, så den är en donator.

b) Kol är liten och sitter mellan gitterplatserna: **interstitiell atom**.

c) En tom gitterplats: **vakans**.

d) Ett inskjutet halvplan: **kantdislokation**.

Ledningsförmågan. Det är **a)**. Den femte elektronen är så löst bunden att den nästan alltid är fri vid rumstemperatur, och redan en arsenikatom per miljon kiselatomer ger miljontals gånger fler ledningselektroner än rent kisel.

Böjligheten. Det är **d)**. Dislokationen kan vandra genom kristallen en atomrad i taget, så kopparplanen kan glida mot varandra med liten kraft.

Ej kontrollerat mot facit – två oberoende lösningar stämmer överens.

Läsning

- 42.3 Structure of Solids