نقص در جامدات (فصل ۴)

Imperfection in solids (chapter 4)

تهیه کننده: ش.
منصورزاده

1

مقدمه

- در بلورشناسی فرض می شود، اتم ها در محل های خاص و بلور دارای نظم خاص (دید ایده ال)
- اما ماده ایده ال وجود ندارد و هر ماده دارای تعداد زیادی نقص
- نقص ها همیشه بد نیستند، مثلا رفتار نیمه هادیها، نرمی فلزات و استحکام دهی آلیاژها بر اساس نقص ها توجیه می شود

2

انواع نقص

بر اساس هندسه و ابعاد عبارتند از

- **نقص نقطه ای: در حد ۱ یا ۲ اتم مانند جای خالی، ناخالصی**
- **نقص خطی یا یک بعدی: در امتداد یک خط مانند نابجایی**
- **نقص سطحی یا ۲ بعدی: در یک صفحه یا سطح مانند مرزدانه و سطح خارجی**
- **نقص حجمی یا ۳ بعدی: در حجمی از ماده است، مانند حفره ها، ترک ها و آخال ها**

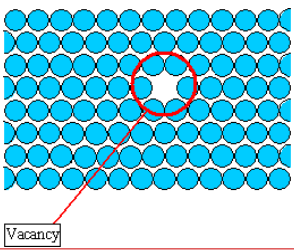
3

نقص های نقطه ای

انواع نقص ها: جای خالی، بین نشین خودی، ناخالصی

جای خالی (Vacancy)

- **در این عیب جای اتم خالی، ساده ترین عیب**
- **تمام جامدات بلوری دارای این عیب، امکان ندارد ماده بدون جای خالی تولید کرد**



4

* ترمودینامیک: علم کار و گرما، در این علم برای ماده خاصیتی به نام آنتروپی یا بی نظمی تعریف می شود

- طبق قوانین ترمودینامیک جای خالی مطلوب است چون آنتروپی را افزایش و سطح انرژی را کاهش می دهد

5

- فرمول جای خالی

$$N_V = N \exp\left(-\frac{Q_V}{k\,T}\right)$$

- در اینجا N تعداد کل مکان های اتمی، N_V تعداد جای خالی، Q_V انرژی تشکیل جای خالی $\left(\frac{J}{mol} \quad or \quad \frac{ev}{atom}\right)$ ، T دمای

مطلق بر حسب کلوین (K) و k ثابت بولتزمن

$$k = 1.38\times10^{-23} \quad \frac{J}{K} = 8.62\times10^{-5} \quad \frac{ev}{K}$$

6

- طبق فرمول با افزایش دما ، تعداد جای خالی افزایش می یابد
- اکثر فلزات، نسبت جای خالی N_V/N درست در زیر دمای ذوب (T_m)، 10^{-4}
- تعداد کل مکان های اتمی از رابطه زیر

$$\rho = \frac{n\,A}{V_C\,N_A} \quad \rightarrow \quad \rho = \frac{N\,A}{V_{total}\,N_A} \quad \rightarrow \quad N = \frac{\rho\,V_{total}\,N_A}{A}$$

7

* یادآوری: دما در واحد کلوین (K) یا واحد رنکین (°R) را دمای مطلق می نامند. برای تبدیل دما به دمای مطلق ، طبق رابطه زیر عمل می کنیم

$$If \quad T(°\mathrm{C}) \quad \rightarrow \quad change\ to\ Kelvin \quad , \quad T(\boldsymbol{K}) = T(°\mathrm{C}) + 273$$

$$If \quad T(°\mathrm{F}) \quad \rightarrow \quad change\ to\ Rankine \quad , \quad T(°\boldsymbol{R}) = T(°\mathrm{F}) + 460$$

8

مسئله حل شده ۴-۱ کتاب

Cu

N_V = ? In a m^3 at 1000 °C , Q_V=0.9 ev/atom

A_{cu} = 63.5 g/mol , $\rho = 8.4$ g/cm^3

اول N تعیین می شود

$$N = \frac{\rho V_{total} N_A}{A} = \frac{\left(8.4 \frac{g}{cm^3}\right) \times \left(1 \times 10^6 \frac{cm^3}{m^3}\right) \times \left(6.02 \times 10^{23} \frac{atoms}{mol}\right)}{\left(63.5 \frac{g}{mol}\right)} =$$

$$8.0 \times 10^{28} \frac{atoms}{m^3} \quad , \quad 1 \quad m = 10^2 \quad cm \quad , \quad 1 \quad m^3 = 1 \times 10^6 \quad cm^3$$

9

ادامه مسئله

$$T = 1000 \quad ^\circ C = 1273 \quad K$$

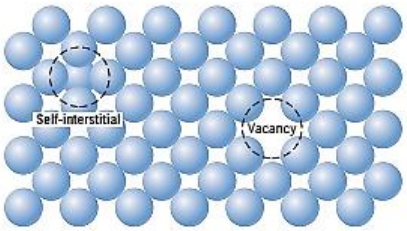
$$N_V = N \exp\left(-\frac{Q_V}{k\,T}\right) = \left(8 \times 10^{28} \quad \frac{atoms}{m^3}\right) \exp\left(-\frac{(0.9\,ev)}{\left(8.62 \times 10^{-5} \quad \frac{ev}{K}\right)(1273\,K)}\right) =$$

$$2.2 \times 10^{25} \quad \frac{vacancies}{m^3}$$

10

انواع جای خالی

- ۱- یک جای خالی (Vacancy): جای یک اتم خالی، متداول ترین، شکل زیر یک جای خالی را نشان می دهد.
- ۲- دو جای خالی (Divacancy): جای ۲ اتم مجاور هم خالی
- ۳- سه جای خالی (Trivacancy): جای ۳ اتم مجاور هم خالی، کمتر مشاهده می شود



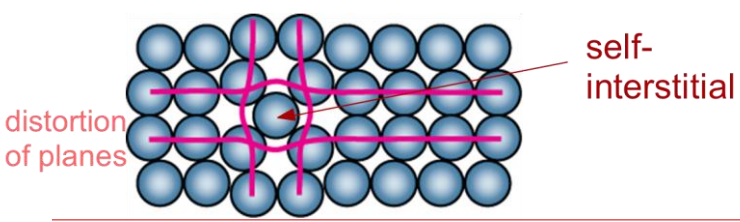
✓ ❋نکته: تعدادی از هر نوع عیب بالا درون ماده وجود دارد و بخصوص یک جای خالی بیشتر مشاهده می شود.

11

بین نشین خودی

❋ فضای خالی درون UC= موقعیت بین نشینی یا بین اتمی

- در این حالت اتم به جای این که سر جای خود باشد به موقعیت بین نشینی می رود. شکل قبل هم این عیب را نشان می دهد.
- چون اندازه ی اتم بزرگ تر از فضای بین نشینی است، این عیب تغییر شکل یا اعوجاج (Distortion) زیادی را در شبکه یا بلور ایجاد می کند،
- پس احتمال تشکیل این عیب زیاد نیست و جای خالی بیشتر مشاهده می شود



12

ناخالصی (Impurity)

* **ماده خالص، ماده ای که تنها از ۱ نوع اتم تشکیل شده**

- **ساخت ماده خالص امکان پذیر نیست، با بهترین روش های تصفیه سازی حداکثر خلوص ۹۹/۹۹۹۹٪ است که این ماده**

دارای 10^{22}-10^{23} اتم ناخالصی در $1\ m^3$ ماده، پس همیشه ماده ناخالصی وجود دارد

- **بعلاوه در آلیاژسازی به عمد اتم های ناخالصی (یا عناصر آلیاژی) به فلز اولیه یا پایه اضافه می شود**

13

- **هدف از آلیاژسازی بهبود استحکام مکانیکی و مقاومت خوردگی فلز پایه است**

* **آلیاژ نقره استرلینگ (92.5 Ag-7.5 Cu) بهترین آلیاژ نقره، در ساخت جواهرات، ظروف و اتصالات الکتریکی**

مقایسه این با نقره خالص (۹۹/۹٪) نشان می دهد افزودن ۷/۵٪ مس به نقره، باعث افزایش سختی، استحکام و عمر قطعه نسبت به نقره خالص می شود و هزینه کمتری دارد (خالص سازی گران)

14

* آلیاژ برنج (مس- روی) نسبت به مس خالص از سختی، استحکام و نرمی بیشتری برخوردار، اما هدایت الکتریکی کمتری دارد

* فلزات خالص نسبت به آلیاژها از هدایت الکتریکی و حرارتی بالاتری برخوردارند

- زمان آلیاژسازی، آلیاژ محلول جامد یا آلیاژ با فاز دوم ساخته می شود. بسته به نوع ناخالصی (عنصر آلیاژی)، مقدار آن و دمای آلیاژسازی، آلیاژ محلول جامد یا با فاز دوم تولید می شود. مثلا اگر مقدار ناخالصی از حدی کمتر ، محلول جامد و اگر از حد بیشتر باشد آلیاژ با فاز ثانویه می دهد

15

* معمولا محلول جامد از استحکام بالاتری نسبت به آلیاژ با فاز ثانویه برخوردار، در ادامه محلول جامد معرفی می شود

* قبل از محلول جامد، محلول و انواع آن یادآوری می شود

محلول

محلول ، مخلوط همگن است

اجزای محلول

۱- حلال (Solvent): جز بیشتر

۲- حل شونده (Solute): جز کمتر

16

انواع محلول ها

بر اساس حالت فیزیکی

۱- محلول گازی: هوا، پروپان و بوتان (گاز آشپزخانه)

۲- محلول مایع: الکل در آب

۳- محلول جامد: آلیاژها

17

انواع محلول ها

*** یادآوری: حداکثر مقدار حل شونده= حد حلالیت حل شونده**

انواع محلول بر اساس مقدار حل شونده

۱- محلول غیر اشباع: مقدار حل شونده کمتر از حد حلالیت

۲- محلول اشباع: مقدار حل شونده برابر حد حلالیت

۳- محلول فوق اشباع: مقدار حل شونده بیش از حد حلالیت، این محلول غیر تعادلی و مقدار حل شونده اضافی به شکل فاز دوم در محلول رسوب می کند

18

❋ فاز (Phase): قسمتی از یک ماده که دارای خواص فیزیکی یا شیمیایی یکسانی است. مثلا آب دارای ۳ فاز یخ، آب و بخار آب است.