

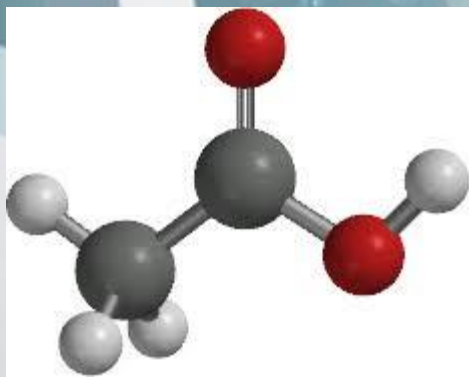


СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
кафедра електроніки, загальної та  
прикладної фізики



# Процес старіння в тонких плівках

доц. Шумакова Н.І.



СУМИ 2020

# ВСТУП

- Термін старіння – немає прямого відношення до плівкових матеріалів, але використовується. Цей термін з'явився при вивченні сплавів у масивних зразках. Причому він має відношення до **упорядкованих** чи **неупорядкованих** твердих розчинів.
- Для того, щоб метал був розчинником необхідні певні співвідношення між радіусом атомів і параметрами крист. решітки.
- Вони можуть мати необмежену розчинність, а можуть бути обмеженими, а можуть бути обмеженими твердими розчинами. Вони поділяються на 2 групи:
  - -упорядковані тв. розчини;
  - -неупорядковані тв. розчини.

# Штучне старіння



# Класифікація процесів старіння:

- Якщо у сплавах цей процес при кімнатній температурі приводить до упорядкування (природне старіння), а при нагріванні до розпаду сплаву (штучне старіння), то в інших випадках спостерігається широка різноманітність процесів природного та штучного старіння.
- Зокрема, у тонких плівках ці процеси протікають (від хвилини до декількох років) завдяки підвищенню ролі поверхневої енергії у загальному енергетичному балансі та у зв'язку зі стабілізацією різко нерівноважних станів через великі ступені переохолодження при вакуумній конденсації (загартування).

- **Фізико-хімічні;**

- **Фазові;**

- **Макро- і субструктурні та процеси старіння;**

- **Під дією фізичних полів.**

## 4 типи процесів старіння

- **Фізико-хімічні процеси** протікають у полікомпонентних плівкових системах і полягають у зміні хімічного складу, типу кристалічної решітки або агрегатного стану нерівноважних фаз. Прикладами таких процесів є розпадання переохолодженої рідини або пересичених твердих розчинів, окислення, відновлення фаз та інші повільні хімічні процеси. Процеси старіння цього типу спостерігалися в системах *Me-Se* (*Me* - *Sn, Ag, Cd, Zn*); *Me-S* (*Me-Ag, Cu, Pb, Zn, Sn, Ge, Bi, In*) та *Al-Cu*. В конденсатах *Me-Se* і *Me-S* здебільшого утворюється скло, яке в процесі старіння мутніє, оскільки в ньому виділяються фази типу *MeSe*, *Me<sub>2</sub>S<sub>3</sub>*, *MeS<sub>2</sub>*, *MeS*, *Cu<sub>2</sub>S*, *Ag<sub>2</sub>S*.
- **Фазові процеси старіння** протікають без зміни хімічного складу фаз при поліморфних і мартенситних перетвореннях, кристалізації аморфних фаз та ін.

## 4 типи процесів старіння

- При макро- і субструктурних процесах старіння хімічний склад, тип решітки або агрегатний стан залишаються незмінними, однак змінюються макро- і субструктурні характеристики, а також такі фізичні властивості, як дисперсність та взаємна орієнтація макро- і мікрообластей кристалічної решітки, її деформація, концентрація і розподіл точкових, лінійних, поверхневих та об'ємних дефектів. До цих процесів також належать рекристалізація, відпочинок, полігонізація, виникнення та зміна текстури, двійникування, поява або релаксація мікро- та макронапружень.
- Польове старіння, полягає в зміні структури та фізичних властивостей під дією достатньо сильних зовнішніх полів (електричного, магнітного, механічних напружень тощо.). Прикладом таких перетворень може бути поведінка прошарку аморфного діелектрика  $SiO$  у плівкових конденсаторах (під дією електричного поля виникають включення в аморфній матриці  $SiO$  кристалічного і аморфного  $Si$ , а також  $SiO_2$ ). Польове старіння та електричний пробій конденсатора саме і пов'язані з фазовим перетворенням у  $SiO$ .

# Основні явища, які відбуваються в плівках у процесі старіння

- 1. Різні форми упорядкування:
  - упорядкування атомів;
  - перехід від аморфної структури (близький порядок) до кристалічної (близький і далекий порядки);
  - рекристалізація;
  - упорядкування різних мікродефектів.
- 2. Утворення нерівноважних станів зі значною часткою поверхневої енергії в загальному енергетичному балансі.
- 3. Утворення макропор.
- 4. Полігонізація (переміщення дислокацій з утворенням субмеж між блоками мозаїки).

Зазначимо, що процеси старіння відіграють надзвичайно велику роль з точки зору ресурсу роботи плівкових елементів мікроелектроніки.



**Дякую за увагу!**