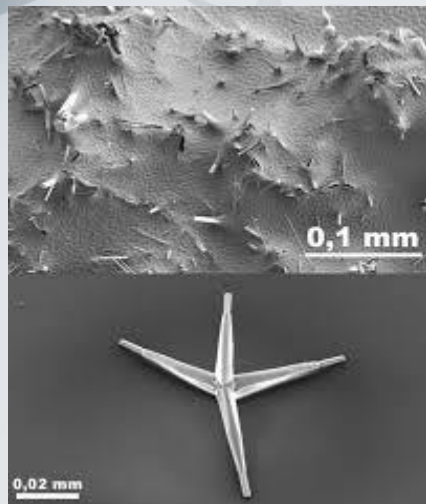




Сумський державний університет
Кафедра електроніки, загальної та
прикладної фізики



Субструктура полікристалічних плівок. Нанокристалічні та аморфні матеріали.



доц. Шумакова Н.І

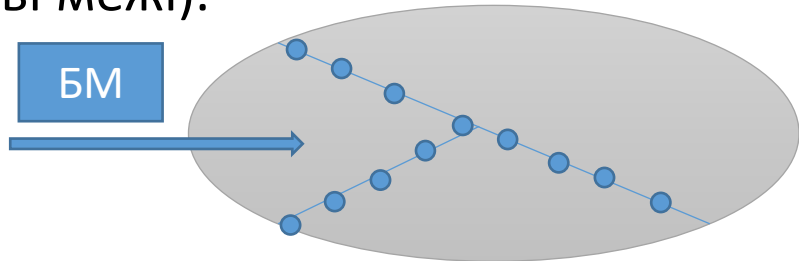
СУМИ 2020

Субструктура полікристалічних плівок.

Для реального кристала є характерним порушення періодичної структури кристалічної решітки. З точки зору лінійних розмірів дефектів решітки їх можна класифікувати таким чином:

- нульовимірні, або точкові (вакансії, міжвузлові та домішкові атоми, пари Френкеля);
- одновимірні, або лінійні (крайові та гвинтові дислокації);
- двовимірні, або поверхневі (межа зерен і двійників, дефекти пакування, міжфазні та малокуткові границі);
- тривимірні (пори, тріщини).

- Якщо розглядати будову **кристаліту (зерна)**, то він складається з **субзерен** (їх ще називають областями когерентного розсіювання (**ОКР**), або **блоками мозаїки**). Окремі блоки мозаїки розбиваються на менші ділянки **дислокаціями** (це можуть бути як малокутові, так і великокутові межі).

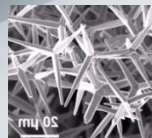


- Густина дислокацій в субмежі досягає величини 10^{16} м^{-2} , в той час як в об'ємі субзерна - $10^{14} - 10^{15} \text{ м}^{-2}$. Вони створюють в об'ємі субзерна поле напружень, що призводить до зміни міжплощинних відстаней та мікродеформацій.
- Субструктура тонких плівок, як і масивних кристалів, вивчається методами електронної мікроскопії та за шириною, профілем і формою дифракційних ліній на електрограмах та рентгенограмах.

Таблиця дає уявлення про середні розміри субзерен та їх взаємне розорієнтування (γ) у плівках алюмінію та срібла. Той факт, що при $d = 15$ нм (плівка Al) середній розмір субзерна $L=22$ нм більший за товщину, говорить про те, що при відносно малих товщинах (і це стосується не тільки плівок алюмінію) кристаліти мають форму пластинки з $L>d$, а за товщиною плівка моноблочна.

Таблиця 2.4 - Експериментальні дані про субструктуру полікристалічних плівок Al та Ag

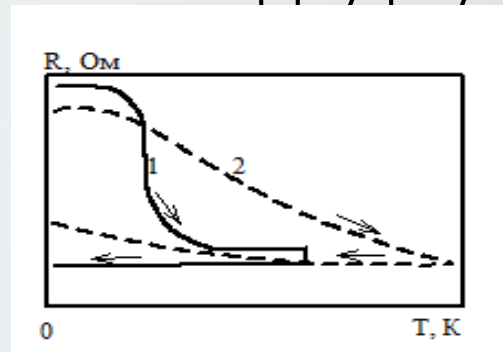
Алюміній			Срібло		
d, нм	L, нм	γ , град.	d, нм	L, нм	γ , град.
15	22	1,6	-	-	-
40	26	1,5	-	-	-
			45	27	3,2
55	28	1,5	-	-	-
75	32	1,9	-	-	



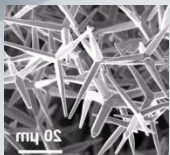
Нанокристалічні та аморфні матеріали

- Згідно із сучасними уявленнями аморфний стан є не рівноважною фазою, а фазою плівкового матеріалу, яка стабілізується внаслідок того, що швидкість зародження зародків набагато більша за швидкість їх лінійного зростання. Якщо зародок конденсату складається з одного - двох атомів, то буде утворюватися аморфна фаза. Але якщо утворюються зародки із декількох десятків атомів, то конденсат являтиме собою нанокристалічний матеріал.
- За допомогою дифракційних або мікроскопічних методів ці два структурні стани розрізнити практично неможливо, хоча, вимірюючи опір плівок (R) у процесі термічного відпалювання, можна зафіксувати різну залежність $R(T)$ для аморфних і нанокристалічних зразків. Це показано на рисунку. Різний характер залежності пояснюється тим, що при кристалізації α -фази відбувається нерівноважний фазовий $\alpha \rightarrow \kappa$ перехід, тоді як нагрівання нанокристалічного матеріалу приводить до звичайної рекристалізації, що супроводжується плавним зменшенням електричного опору. Крім того, температура $\alpha \rightarrow \kappa$ переходу суттєво залежить від товщини плівки, у той час як характер залежності $R(T)$ для нанокристалічних плівок практично залишається незмінним при будь-яких товщинах. Підкреслимо, що подібні залежності одержані практично для усіх плівок металів та напівпровідників, які конденсуються в аморфну фазу.

Слід також відмітити, що межа існування аморфної фази за температурою та товщиною дуже залежить від чистоти плівки (або чистоти вакууму при конденсації плівки). Забруднення плівки домішковими атомами газів призводить до збільшення і температури, і товщини стабілізації аморфної фази.

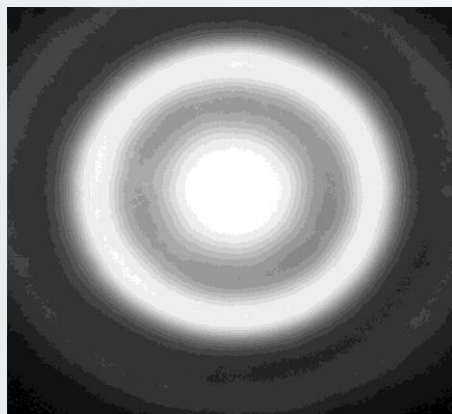


Якісна залежність $R(T)$ при відпалюванні аморфних (1) і нанокристалічних (2) плівок



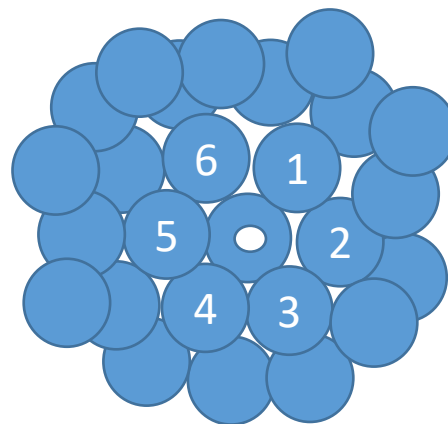
Нанокристалічні та аморфні матеріали.

- Розглянемо структурні моделі аморфної і нанокристалічної речовини. Основною характеристикою їх є – це **ближній і дальній порядок**.
- **Ближній порядок** – це коли біля атома спостерігається певне упорядкування найближчих сусідів, але сусіди які за межами ближчих вже неупорядковані.

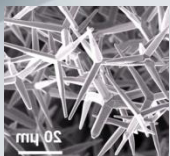


Електроннограма аморфної речовини

Аморфна речовина



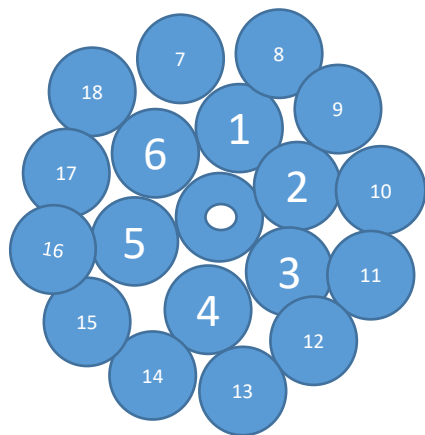
а



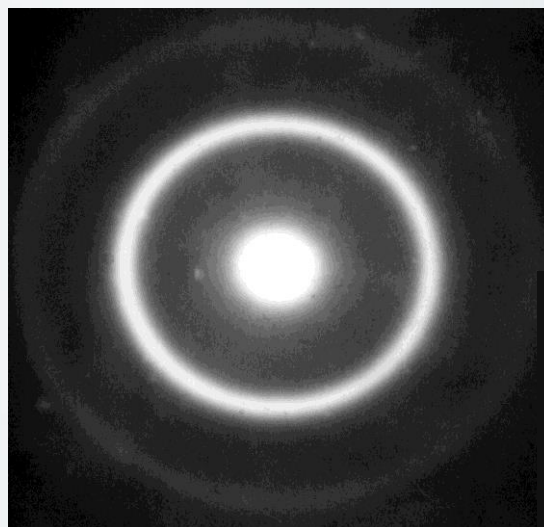
Нанокристалічні та аморфні матеріали.

- Дальній порядок – це коли біля атома спостерігається певне упорядкування найближчих сусідів, а також сусідів які розміщені за межами.

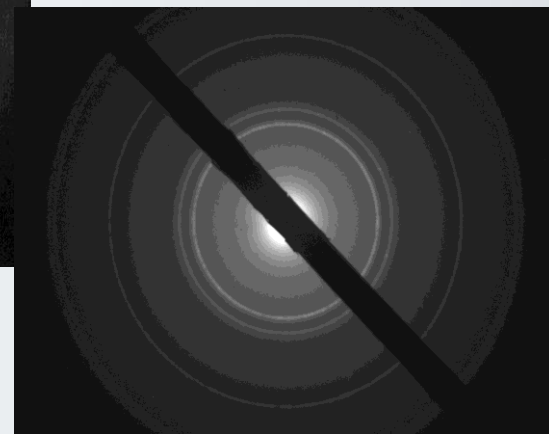
Нанокристалічна



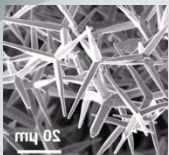
а



Електронограма
нанокристалічного
матеріалу

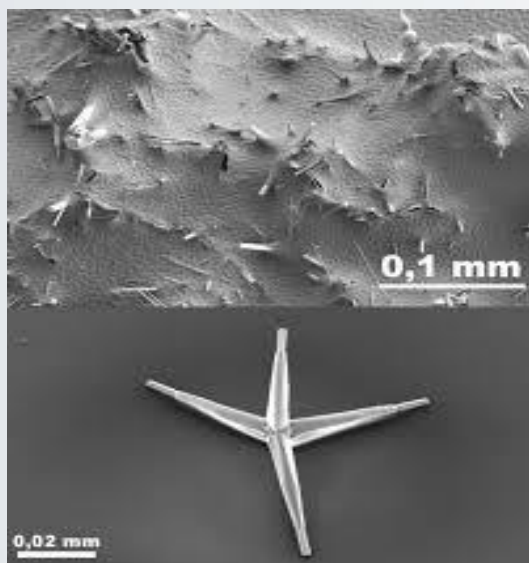


Електронограма
полікристалічного
матеріалу

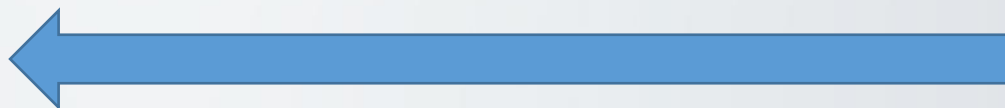


Три види аморфної речовини

- кінетична аморфна структура (повністю розупорядкована);
- аморфна структура у вигляді сітки неупорядкованих атомів;
- мікрокристалічна модель.



На знімку зображена початкова стадія кристалізації аморфної речовини





Дякую за увагу!