КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

КАФЕДРА АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ

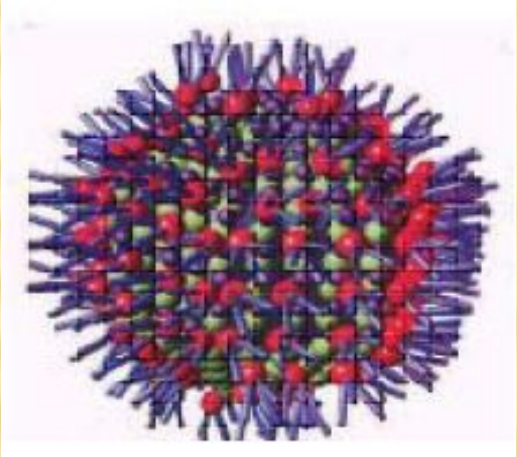
МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ, ВЛАСТИВОСТІ ТА ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ: КВАНТОВІ ТОЧКИ

Підготувала студентка 1 курсу
ОКР магістр, гр.ХАМАЛ
Харченко Вікторія

2013 рік

КВАНТОВІ ТОЧКИ (QUANTUM DOTS)

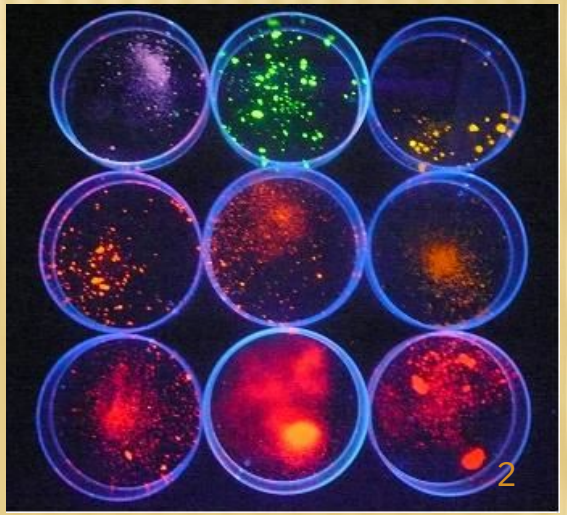
“Квантовые точки: маленькие, да удаленькие”(с)



Квантові точки - це напівпровідникові нанокристали з розміром в діапазоні 2 – 10 нм, що складаються з 10^3 – 10^5 атомів, що створені на основі неорганічних напівпровідникових матеріалів Si, InP, CdSe і т.д., покриті моношаром стабілізатора («шубою» з органічних молекул).

- ✔О. Єкімов
- ✔Луі Е. Брус
- ✔Марк Рід – запропонував термін “квантова точка”

поч. 1980-х років



Це структури, в яких рух носіїв заряду обмежений по всім трьом координатам, тобто носії заряду знаходяться в трьохмірній потенціальній ямі.

$$\Delta E = \frac{\hbar}{2md^2}$$

енергетичний спектр квантової точки залежить від її розміру

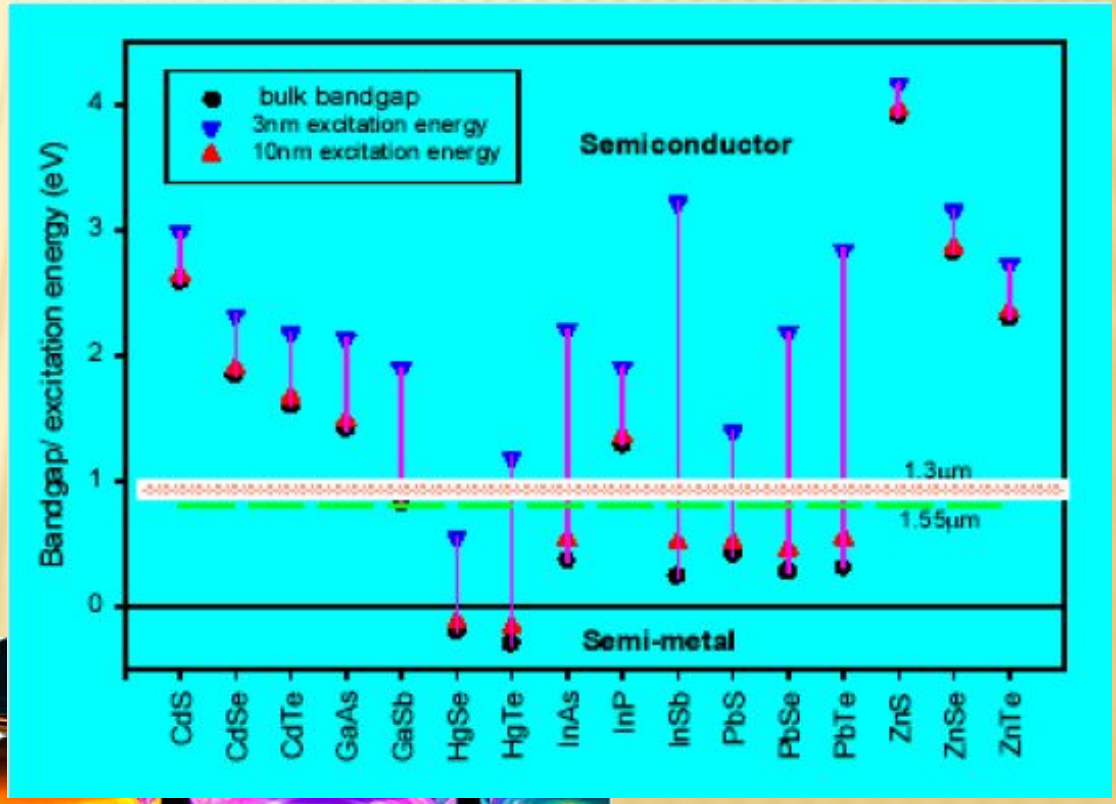
Принципова властивість: можливість існування у вигляді золей

Широта можливостей використання: як світловипромінюючі діоди, лазери, комірки сонячних батарей, та фотоелектричних перетворювачів, як біологічні маркери.

КЛАСИФІКАЦІЯ КВАНТОВИХ ТОЧОК

1. **За складом квантових точок (матеріал напівпровідника)**
   - Широкозонні (оксиди ZnO, TiO_2) – УФ діапазон
   - Середньозонні (A_2B_2, A_3B_5) – видимий діапазон
   - Вузькозонні (A_2B_4) – ближній ІЧ-діапазон

Діапазон вимірювання ефективної ширини забороненої зони квантових точок при змінні розміру від 3 нм до 10 нм



КЛАСИФІКАЦІЯ КВАНТОВИХ ТОЧОК

2. За формою квантових точок

- Сферичні (quantun dots)
- Еліпсоїдальні (nanorods)
- Нанокристали зі складною геометрією (tetrapods)

3. Багатокомпонентні квантових точок

- Леговані
- На основі твердих розчинів
- На основі гетеропереходів

КВАНТОВІ ТОЧКИ. МЕТОДИ СИНТЕЗУ

Методів синтезу колоїдних систем багато, однак для КТ основний метод – в неполярних розчинниках

Підходи:
– Дроблення (зверху вниз)
– Вирощування (знизу верх)

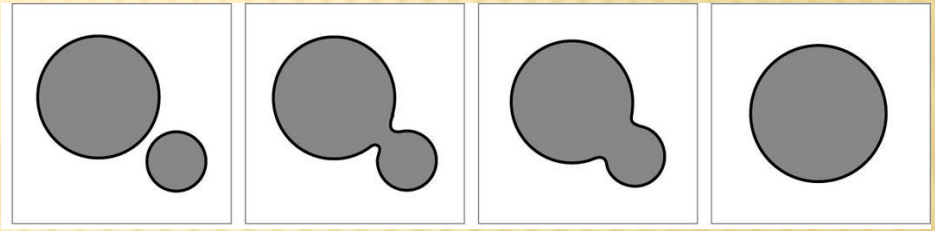
Переваги:

- можливість контролю процесу росту КТ
- Гарна пасивація поверхневих станів КТ
- Вузьке розподілення по розмірам (на рівні 5 – 8%)
- Можливість наступного виділення та очистки (вдсутність матриці)

КВАНТОВІ ТОЧКИ. МЕТОДИ СИНТЕЗУ

3 стадії колоїдного синтезу:

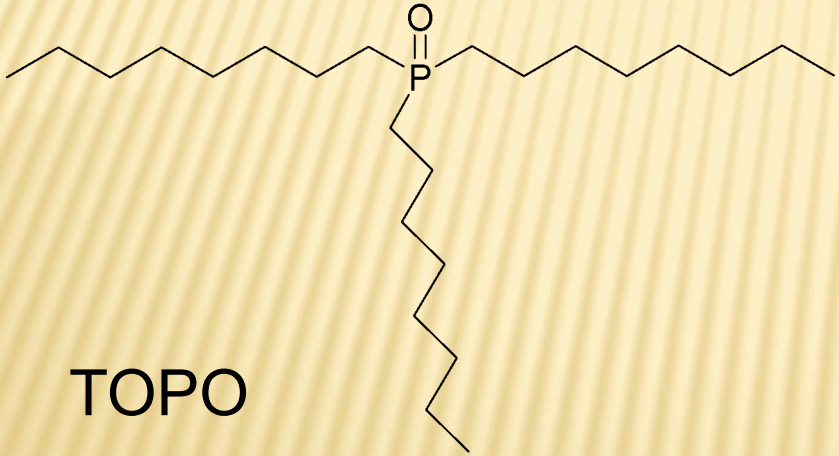
1) Нуклеація
2) Ріст зародків
3) Стадія дозрівання Оствальда



Нанокристали з вузьким розподіленням за розміром можна отримати лише при вибуховій нуклеації та швидкій зупинці реакції відразу після її закінчення і до початку дозрівання Оствальда. Для вибухової нуклеації необхідно створити ступінь перенасичення.

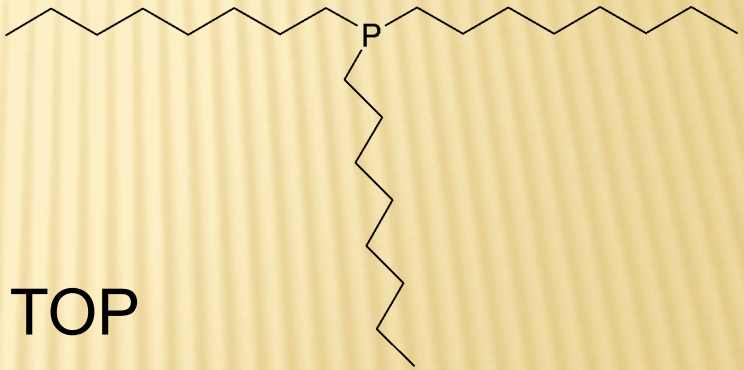
КВАНТОВІ ТОЧКИ. МЕТОДИ СИНТЕЗУ

- Синтез в висококиплячому стабілізуючому розчиннику (TOPO, Cd(Me)2, халькогенід)
- Синтез в високопиплячому нестабілізуючому розчинику з використанням стабілізуючих прекурсорів (Ph2O, олеат кадмію, халькогенід)



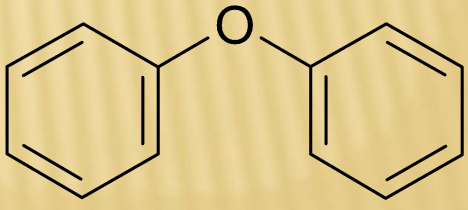
TOPO

Три-н-октилфосфиноксид



TOP

Три-н-октилфосфин



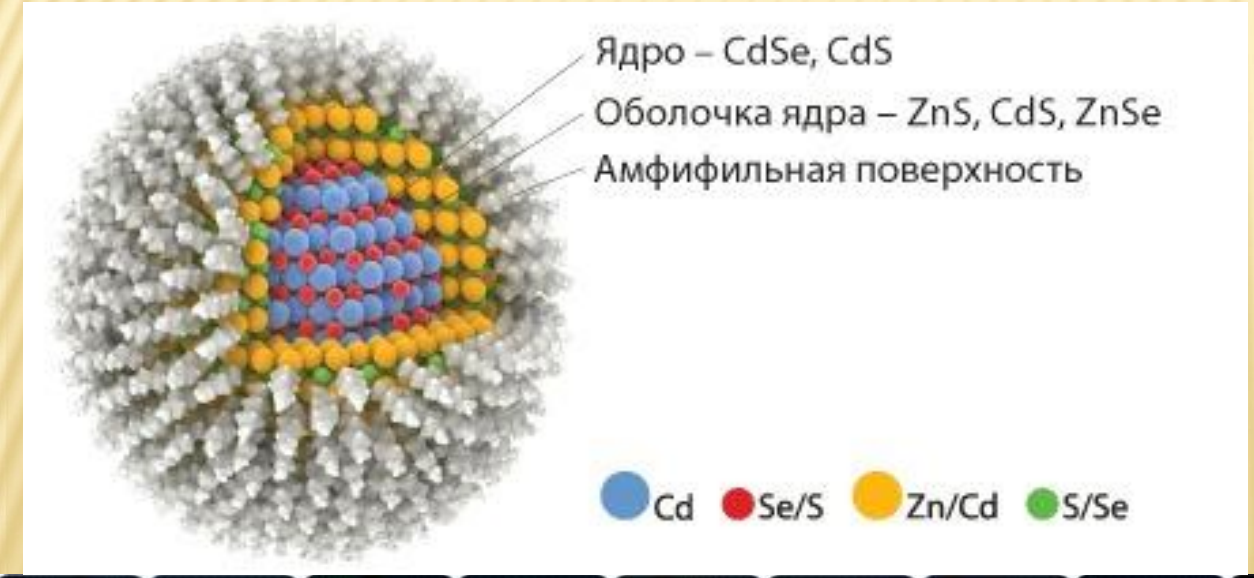
Дифеніл етер

КВАНТОВІ ТОЧКИ. МЕТОДИ СИНТЕЗУ

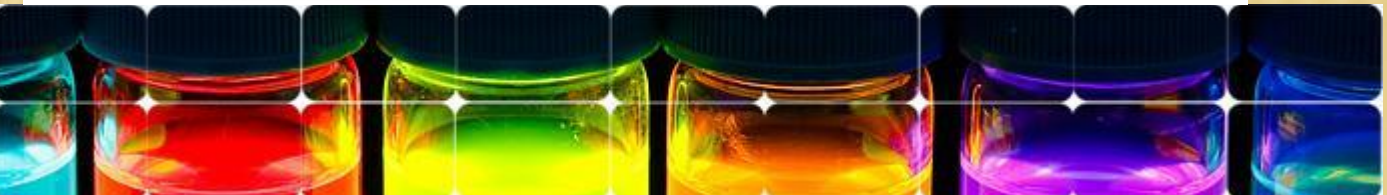
Приклад синтезу квантових точок CdSe

$$nCd + nSe \rightarrow n(CdSe)$$

Температурний режим: 230 -260 °С
Час синтезу: 1,5 – 2 год.



під час процесу можна виймати частину розчину і таким чином отримувати зразки з різними середніми розмірами.

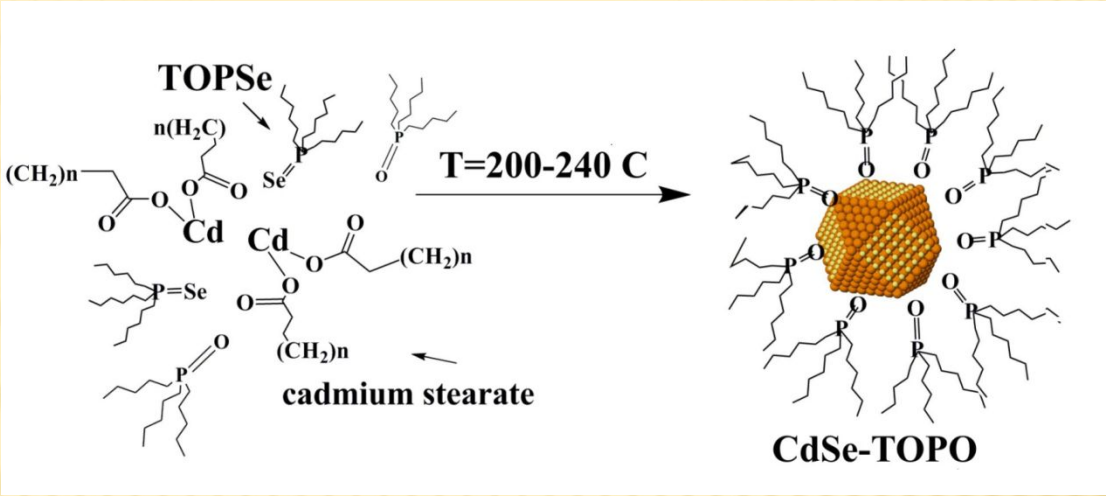


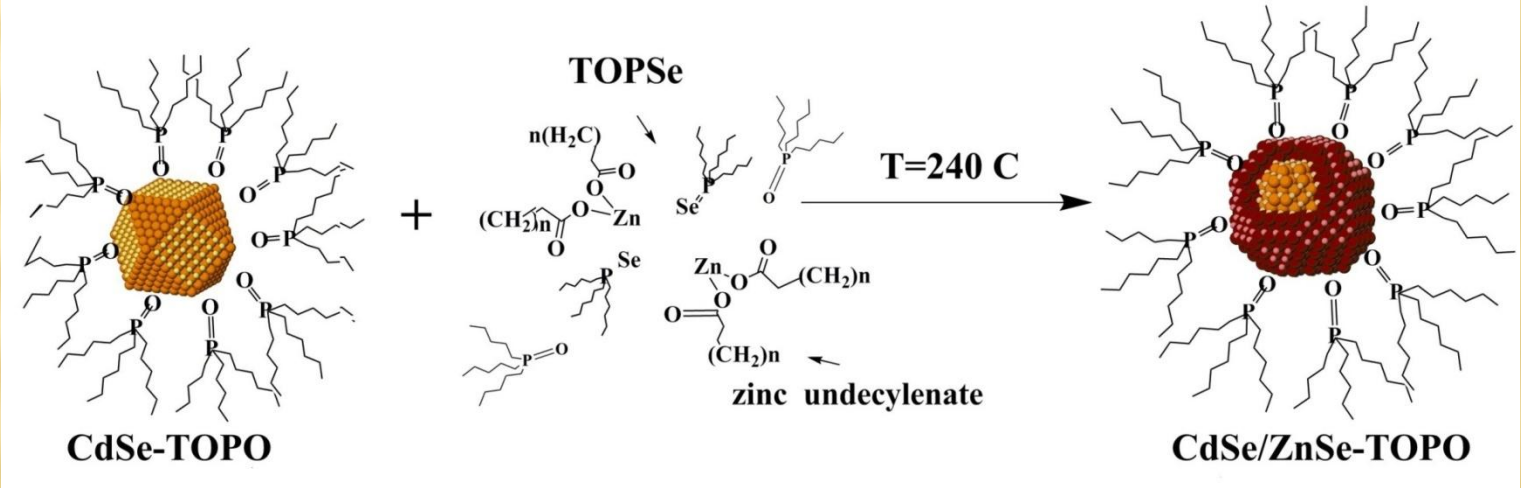
КВАНТОВІ ТОЧКИ. МЕТОДИ СИНТЕЗУ

термопара

Газ Ag (тиск вище, ніж навкол. середовища)

КВАНТОВІ ТОЧКИ. СХЕМА СИНТЕЗУ ОДНО- ТА ДВОКОМПОНЕНТНОЇ КТ





11

КВАНТОВІ ТОЧКИ

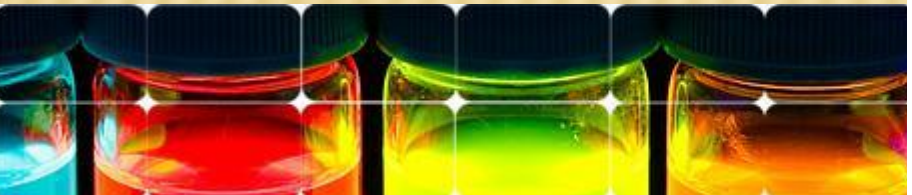
ФЛУОРЕСЦЕНТНИЙ БЛІНКІНГ КВАНТОВИХ ТОЧОК

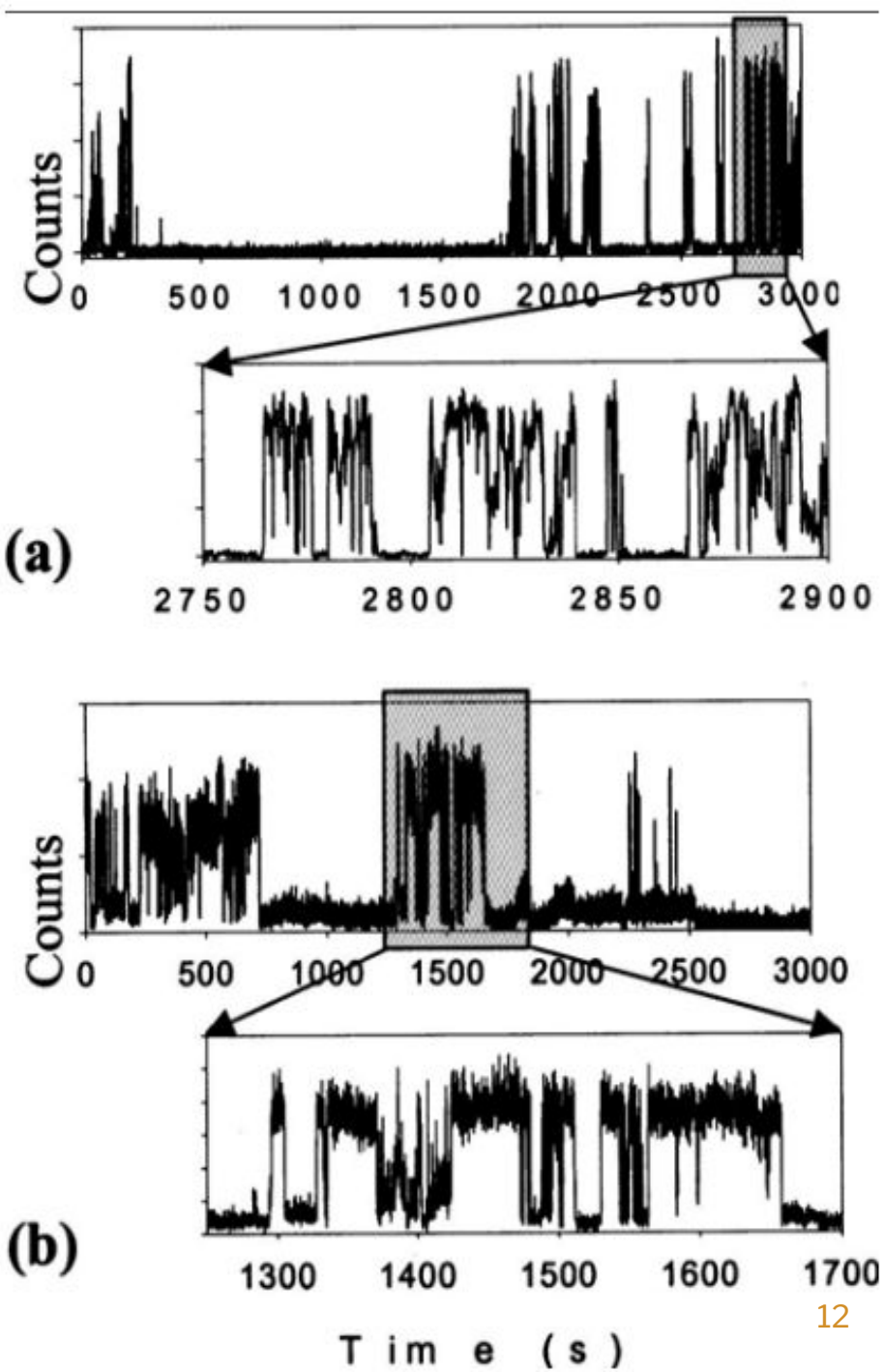
Два стани КТ:

- On-стан (люмінесценція)
- Off-стан (темний стан)

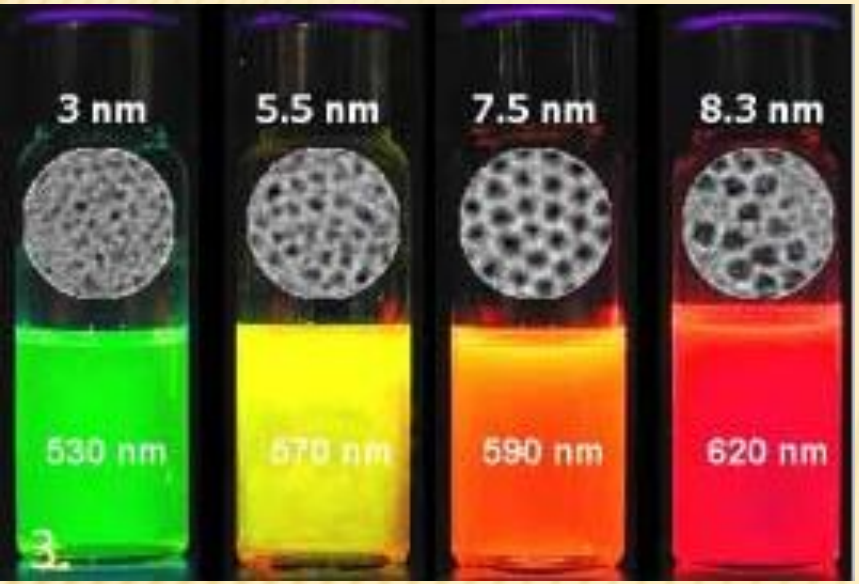
(а) при кімнатній температурі

(б) при 10 К



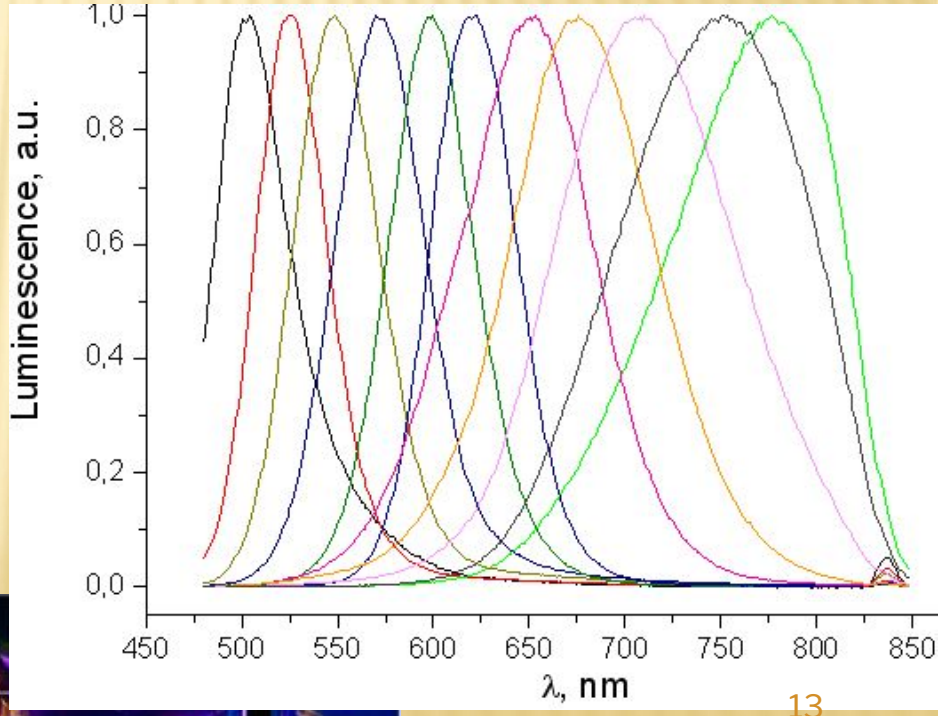


КВАНТОВІ ТОЧКИ



Залежність кольору люмінесценції від розміру квантових частинок

Спектри флуоресценції квантових точок CdTe різних розмірів



13

КВАНТОВІ ТОЧКИ. СТАБІЛІЗАТОРИ

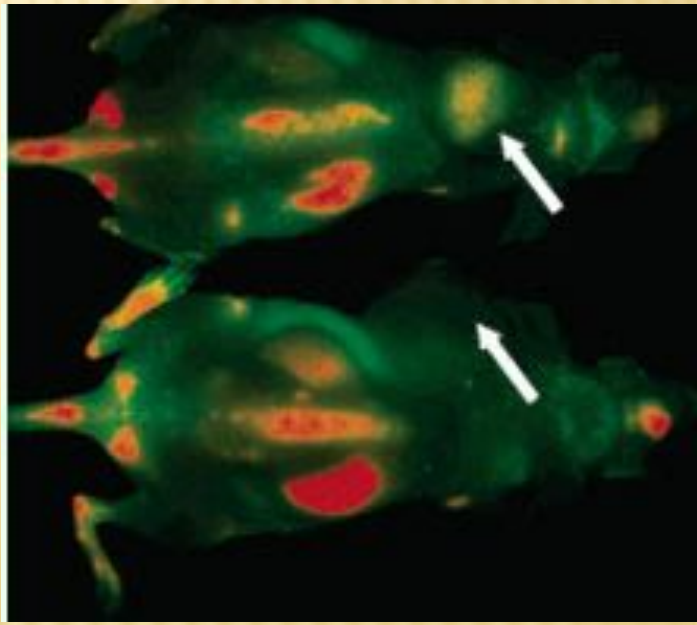
- Стабілізація поверхневого Cd (запобіганню гасіння зарядів) – використання нуклеофільних реагентів
- Запобігання агломерації та забезпечення високої розчинності – вуглеводневий радикал (октил).

Нуклеофільні реагенти:

- Аміни. Властивості залежать від заміщеності азоту. Утворюють як електордонорний (з Cd) так і протонодонорний (з Te) звязок
- Тіостирти.
- Жирні кислоти. Доступність та хороші стабілізуючі властивості. Олеїнова кислота – один з кращих перспективних стабілізаторів.
- Фосфінхалькогеніди. TOP-O, TOP-S, TOP-Se,TOP-Te. Найбільшпоширені так як стабілізація проходить при вирощуванні. Синтез: трибутилфосфін+халькоген

КВАНТОВІ ТОЧКИ. ЗАСТОСУВАННЯ

- Матеріали для лазерів
- Матеріали для світлодіодів
- Матеріали для сонячних батарей
- Використання в якості транзисторів
- Потенційне використання в якості мікрочіпів
- Біологічні мітки



КВАНТОВІ ТОЧКИ. ЗАСТОСУВАННЯ В АНАЛІТИЧНІЙ ХІМІЇ

При протіканні реакцій КТ з речовиною, що аналізують, змінюється їхня флюоресцентні властивості, це і дозволяє визначати наявність аналіту.

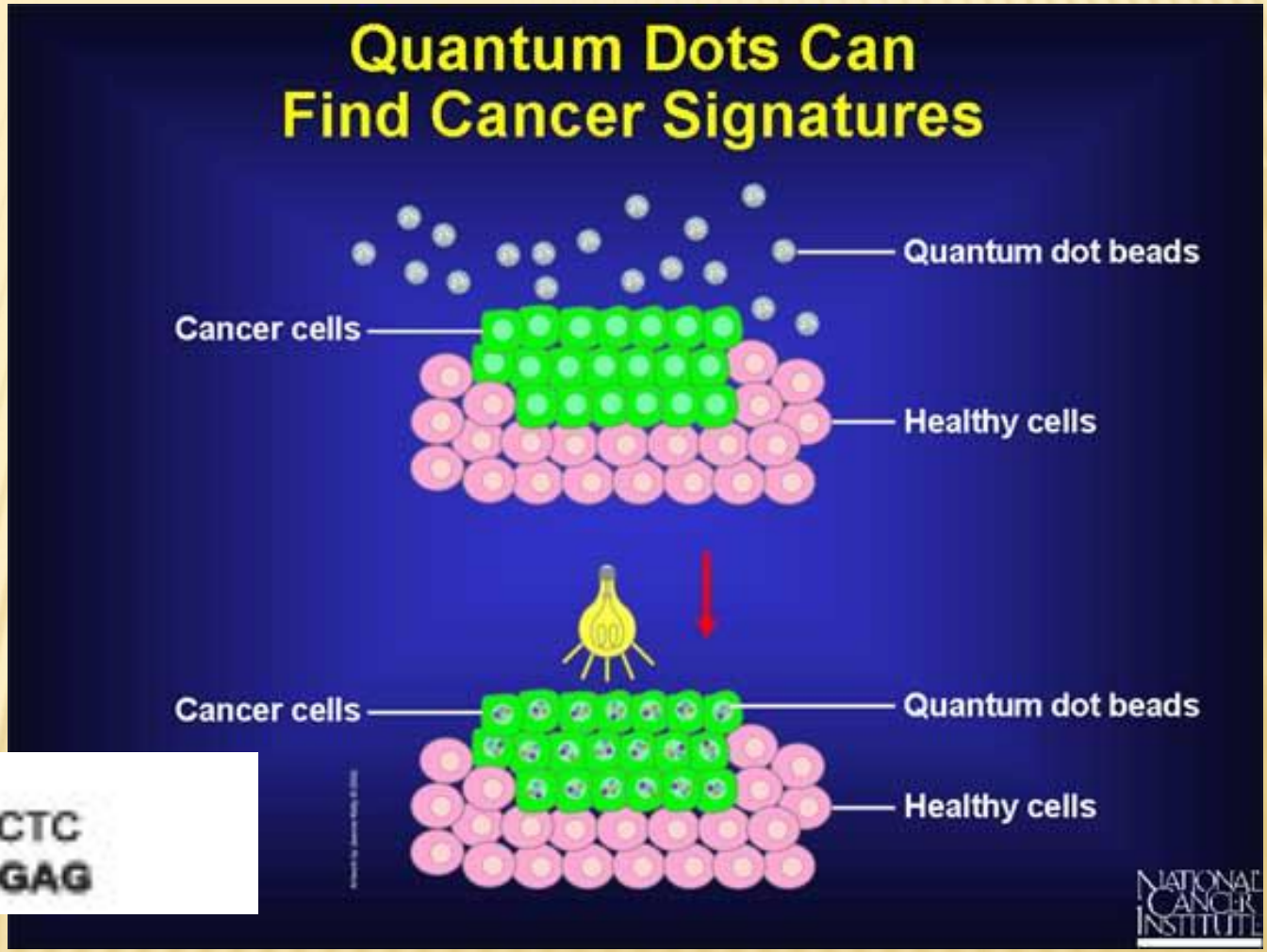
Переваги:

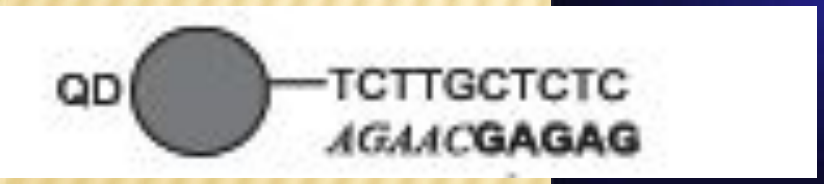
- простота технології

Недоліки:

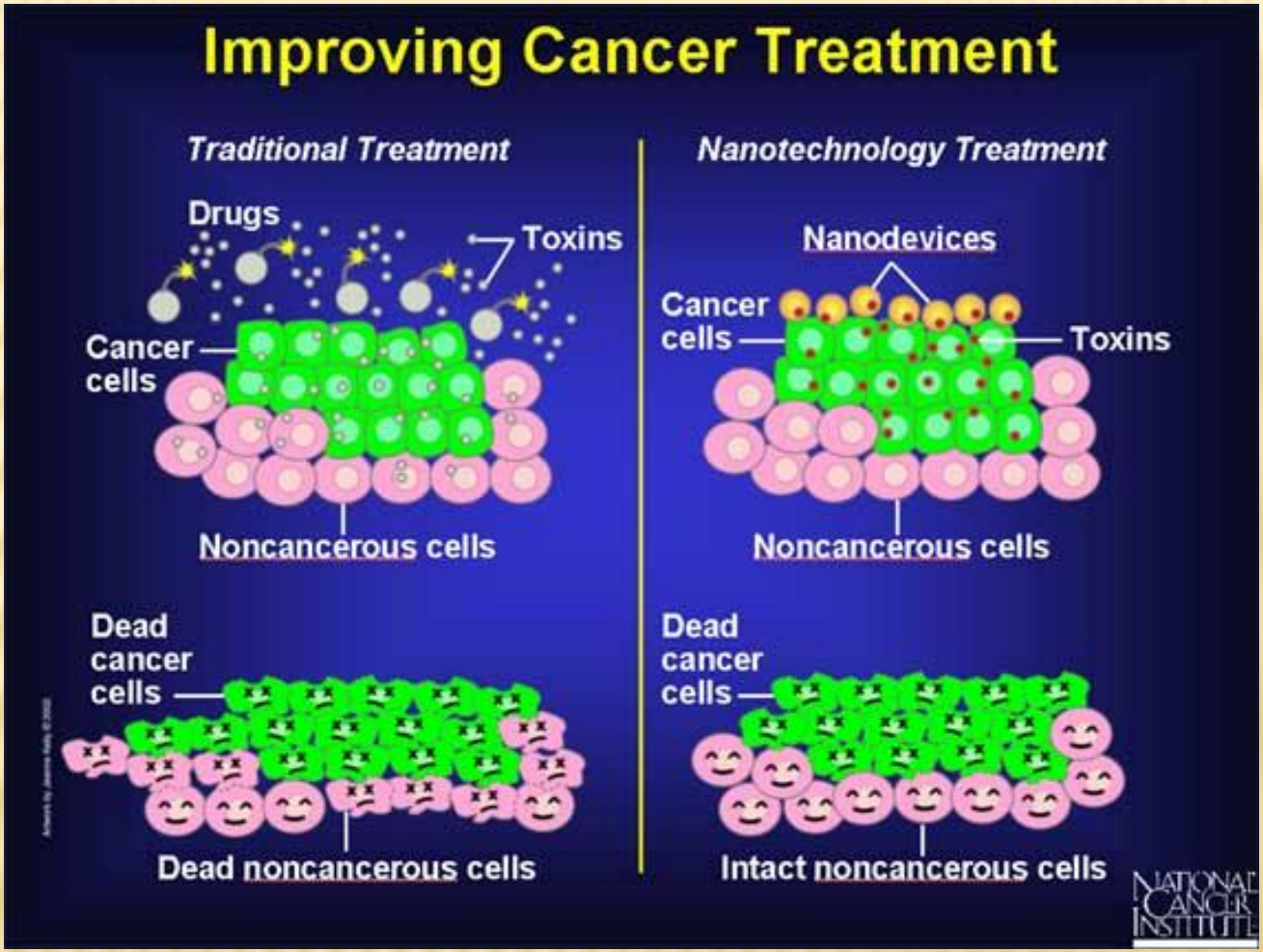
- чутливість КТ обмежена декількома молекулами чи іонами , які зможуть вступити в реакцію безпосередньо з поверхнею КТ.

КВАНТОВІ ТОЧКИ. БІОМІТКИ





КВАНТОВІ ТОЧКИ. БІОМІТКИ



Evident Technologies (490 – 620 нм)

QDlight

Квантові точки, серія Fat

Призначені для диспергування в гідрофобні розчинники та полімерні матриці. Поверхня нанокристалів покрита аліфатичними амінами, які можуть бути замінені на необхідні модифікатори. Підходять для сонячних батарей.

ID	Колір	λ, нм	Розмір частинки, нм	Функц.групи
F570	Жовто-зелений	570	3,5	$(CH_2)_nCH_3$
F580	Жовтий	580	4	$(CH_2)_nCH_3$
F600	Помаранчевий	600	5	$(CH_2)_nCH_3$
F620	Помаранчево-червоний	620	6	$(CH_2)_nCH_3$
F640	червоний	640	7	$(CH_2)_nCH_3$

Розчинник – толуол
Ціна: 4000 грн/50 мл

QDlight

Квантові точки, серія PT

Призначені для диспергування в полярні розчинники та полімерні матриці. Поверхня нанокристалів покрита полімером з функціональними карбоксильними групами. Підходять для конг'югації з біологічними макромолекулами. Стійкі в діапазоні pH 2 – 12.

ID	Колір	λ, нм	Розмір частинки, нм	Функц.групи
PT570	Жовто-зелений	570	< 20	-COOH
PT580	Жовтий	580	< 20	-COOH
PT600	Помаранчевий	600	< 30	-COOH
PT620	Помаранчево-червоний	620	< 30	-COOH
PT640	червоний	640	< 30	-COOH

Розчинник – вода
Ціна: 8000 грн/50 мл

Дякую за увагу!

Джерела інформації:

- http://www.youtube.com/watch?v=eXrRqHSl6Zo
- http://www.youtube.com/watch?v=GGzg-2IKVp0
- http://www.youtube.com/watch?v=h_zNbOFcY00
- http://www.sfiz.ru/page.php?id=1217
- http://eng.thesaurus.rusnano.com/wiki/article935
- http://www.evidenttech.com/news/samsung-evident-patent-agreement
- http://wiki.mobileread.com/wiki/QD-LED
- http://www.technologyreview.com/demo/405755/nanocrystal-displays/