

№10 Лекция

Функционалды наноматериалдардың қолданылуы. Нанoeлектроника.

Нанокұрылымдардың электрлік қасиеттері

Жаппай материалдан наноматериалға "жоғарыдан төменге" ауысу электронды аймақтарды ішкі аймақтарға және жеке электронды деңгейлерге бөлумен жүреді. Жеке молекуладан наноматериалға "төменнен жоғары" ауысу жеке деңгейлердің аймақтарға дейін кеңеюімен бірге жүреді. Дискретті электронды деңгейлердің пайда болуы электрондардың еркін жүру ұзындығының шектелуімен байланысты және нанокластерлердегі кванттық шектеудің әсерін сипаттайды. Кластер мөлшерінің азаюы электр өткізгіштігінің төмендеуіне әкеледі. Деңгейлер арасында бір электронды ауысу үшін кулондық тосқауыл пайда болады. Ол электростатикалық энергиямен анықталады $2 / 2C$ (мұндағы C -туннельдік микроскоптың кластерлік жүйесінің өзара сыйымдылығы). Сыйымдылық кластер өлшеміне пропорционалды.

Нанокластерлерге арналған вольтамперлік өткізгіштік сипаттамалары сатылы тәуелділіктерге ие. Қадамдар саны мен шамасы кластер мөлшері мен температураның төмендеуімен артады. Кластер мөлшерінің азаюы металл күйінен өткізбейтін молекулалық күйге ауысумен бірге жүреді. Кластер бетіндегі өткізгіштік электрондарының шашырауы кластер өлшемдері кішірейген сайын артады.

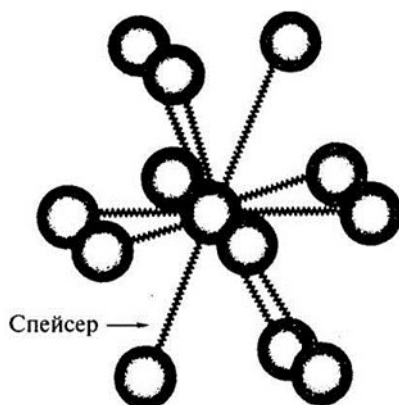
Үш өлшемді өткізгіш нанокұрылымды құрудың тиімді әдісі-өткізгіштік қасиеттері бар лигандтармен тұрақтандырылған халькогенид кластерлерінің кристалдануы. Лиганд қабықтарымен бөлінген бірқатар кластерлер негізгі және қозған күйлердің электронды деңгейлері бар бірқатар потенциалды шұңқырлар түрінде ұсынылады. Негізгі күйде валенттік электрондар локализацияланған. Қозғалған күйде нанокластерлер арасындағы қашықтықты өзгерту арқылы туннельдеу мүмкін. Au55 алтын негізіндегі молекулалық кластерлік кристалдардың өткізгіштігі төмендейді, (Кулондар)

Егер алтын нанобөлшектері ұзын молекулалармен біріктірілсе, онда электр өткізгіштігі бар көлемді нанокұрылымды материал түзіледі. Мұндай желі алтын бөлшектерінің аэрозолы жұқа Шашыратылған тиол rsh аэрозолымен әрекеттескенде пайда болады, мысалы Додекантиол, онда R бұл $C_{12}H_{25}$. Мұндай алкил тиолдарының құрамында CH_3 метил қосыла алатын SH тобы және ұзындығы 8-12 элементтен тұратын парафин тізбегі бар. Бұл тізбек тізбектер арасында стерикалық итеруді қамтамасыз етеді. Тізбекті молекулалар әр нанобөлшектің айналасында радиуста орналасады. Инкапсуляцияланған алтын бөлшектері алифатты ерітінділерде тұрақты,

мысалы гексан. Ерітіндіге аз мөлшерде дитиол қосу тұнбаға түсетін үш өлшемді кластерлік желілердің пайда болуына әкеледі.

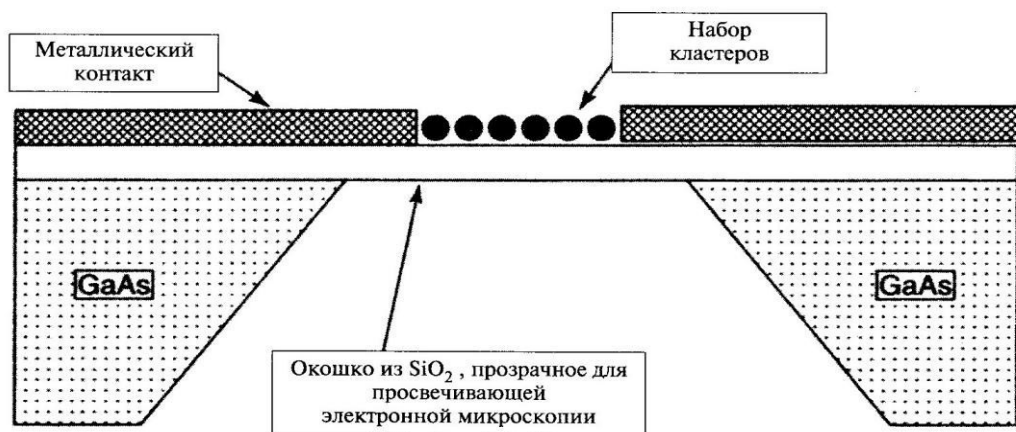
Екі өлшемді нанокұрылымдарды субстратқа әлсіз әрекеттесетін нанокластерлерді қолдану арқылы жасауға болады. Осылайша лигандтармен тұрақтандырылған кластерлердің жоғары ұйымдастырылған қабаттары алынады, мысалы, алтын кластерлері.

Электр өткізгіштігін өзгерту үшін ленгмураблджет әдісімен алынған пленкаларға лигандтармен тұрақтандырылған және тиісті қосымша молекулалармен бөлінген нанокластерлер енгізіледі (аралық деп аталады),



суретті қараңыз.1.45

Сурет. 1.45. Аралық (тізбекті байланыстырушы органикалық молекулалар) көмегімен кластерлік кристалға кластерлерді ұйымдастырудың үш өлшемді



бейнесі.

Сурет. 1.46. Литографиялық жолмен алынған, органикалық молекулалармен байланысқан алтын нанобөлшектерінің екі өлшемді массивтерінде Электрлік өлшеулер жүргізуге мүмкіндік беретін құрылғы бейнеленген

Суретте көрсетілген құрылғыда алынған деректер. 1.46 алтын нанобөлшектерді байланыстыру өткізгіштікті едәуір арттыратынын көрсетеді. Төмен вольтты өткізгіштіктің температураға тәуелділігі келесідей [

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left\{ - \frac{E}{k T_B} \right\}$$

мұндағы е-активтендіру энергиясы.

Өткізгіштік механизмі ұзын байланыстырушы молекулалар арқылы бір кластерден екіншісіне электронды туннельдеу болып табылады.

Суретте.1.47 екі өлшемді байланысқан кластердің вольтампер сипаттамалары көрсетілген.

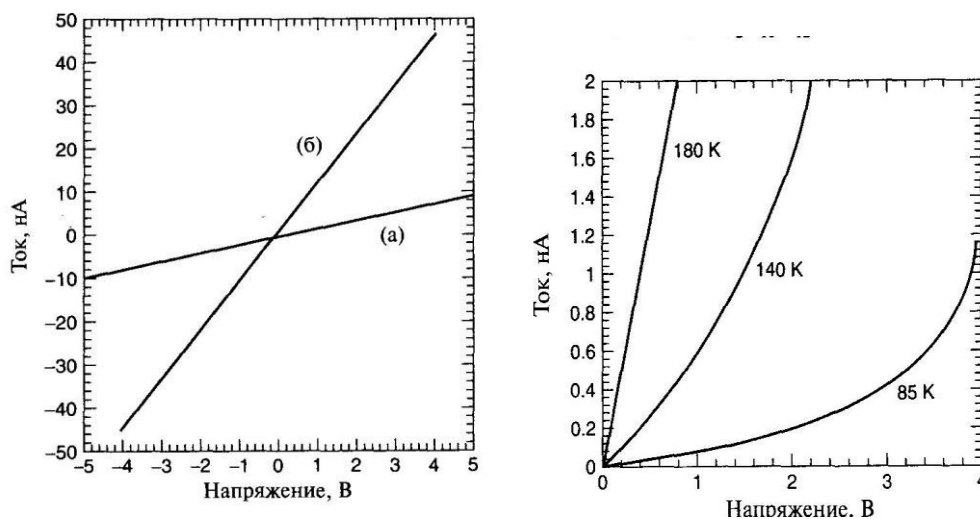


Рис. 1.47.слева: Вольтамперные характеристики двумерного связанного кластера наночастиц при комнатной температуре а) без связей б) с молекулами $C(CN)_2C N_{18}$ 12 в качестве связей между кластерами.[1]

Рис. 1.47.справа: Измеренные вольтамперные характеристики двумерного связанного кластера наночастиц при температурах 85, 140, 180 К.[1]

На рис. 1.48. показана модель электропроводности идеального гексагонального массива монокристаллических кластеров золота с одинаковыми соединяющими кластеры резисторами (соединительными цепочечными молекулами).

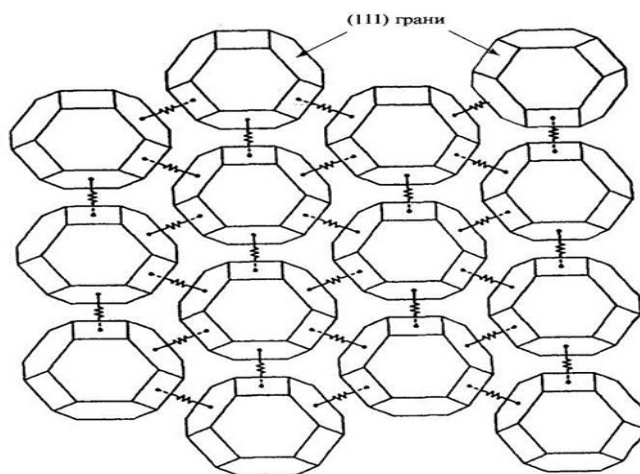


Рис. 1.48. Модель идеального массива монокристаллических кластеров с соединяющими сопротивлениями.

Одномерные кластерные структуры исполняют роль квантовых проволок. Перспективна методика создания квантовых проволок на основе нанопористого анодированного оксида алюминия.

Пропитка пор кластерами дает плотность нанопроволок $109 \div 1010 \text{ см}^{-2}$, разделенных непроводящей матрицей оксида алюминия Al_2O_3 . На рис. 1.49. показано изображение пористой мембраны Al_2O_3 , полученное с помощью атомного силового микроскопа. На рис. 1.49. показана схема идеально заполненной нанокластерами мембраны. Основная проблема нанопроволок из кластеров, это разрыв проволок в процессе роста. Она решается электрофорезом. Одна из сторон мембраны находится в контакте с металлом золотом или алюминием и используется в виде катода, к которому движутся кластеры в процессе электрофореза.

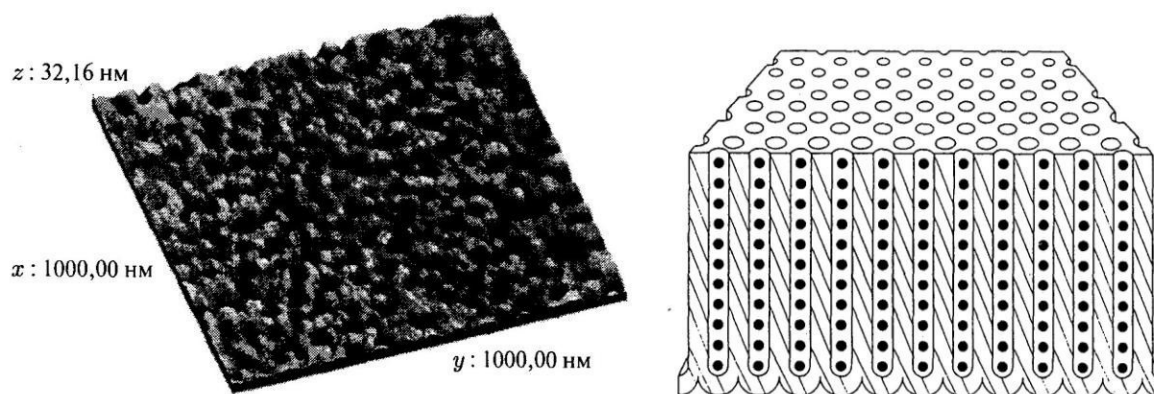


Рис. 1.49. Слева: Атомно-силовой микроскопа (АСМ) – изображение поверхности мембраны из пористого оксида алюминия.

Справа: Модельное изображение идеально заполненной нанокластерами мембраны оксида алюминия