

відбитого від цілі сигналу за його фазочастотним наповненням (флуктуацією частоти та фази на протязі часу генерування імпульсу).

При виявленні та аналізі імпульсних радіолокаційних сигналів за їх фазочастотною структурою, необхідно змінювати підходи при розрахунку їх спектральних частотних властивостей, оскільки при такому підході прийнятним сигналам від цілей, в проміжку між зондую-

чими імпульсами, більш притаманні властивості перервних сигналів.

1. Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография/ Под редакцией А.В.Соколова. – М.: Радиотехника, 2003 – 512с. 2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов/ А.Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2005.– 604 с. 3. Гришин Ю.П. Радиотехнические системы/Ю.П. Гришин, В.П. Ипатов, Ю.М. Казаринов, Ю.А. Коломенский, Ю.Д. Ульяновский – М.:Высш.шк.,1990.– 496 с.

Надійшла до редколегії 03.08.09

УДК 541.64+539.2

В.А. Дроздов д-р фіз.-мат. наук, проф.,
В.В. Ковальчук, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
М.А. Дроздов, канд. фіз.-мат. наук, проф.,
В.В. Дроздова, канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.,
В. Афанасьєва, здобувач, А.А. Панченко, здобувач,
А.Рац, здобувач

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Стаття присвячена аналізу досліджень механізмів формування кластеризованих структур з метою розробки єдиного підходу до опису властивостей матеріалів. Підкреслюється, що у випадку формування кластерів виявляється задіяним значно більше число ступенів свободи у зв'язку з наявністю матричного матеріалу, ніж при формуванні молекул. Порушені в статті питання мають пряме відношення до мікроелектроніки.

Ключові слова: кластер, гетероструктура, матричний матеріал.

In the article the analysis of researches of mechanisms of formation of cluster structures for the purpose of working out of the uniform approach to the description of properties of materials is considered. It is underlined, that in case of formation clusters it appears involved considerably bigger number of degrees of freedom in connection with presence of a matrix material, than at formation of molecules. The questions in article have the direct relation to microelectronics.

Keywords: cluster, heterojunction structure, matrix material.

Лазерные технологии позволяют выделять и выводить в открытое пространство и на различные субстраты структурные фрагменты любой дисперсности [1], сформированные в газообразных, жидких и твердотельных матрицах [2]. В этом плане представляет особый интерес изучение физических механизмов синергетических процессов, ответственных за самоорганизацию [3] когерентных с матрицей надмолекулярных кластеров [4].

Представления о кластерах успешно применяются также в моделировании физических процессов в твердых телах и приборах [5-7]. Предложенная авторами семантика адекватна в отношении нового класса объектов как виртуальных (модельных), так и реальных – кластеризованных структур. Именно к этой категории объектов, по всем признакам, следует отнести надмолекулярные кластеры, которые в отличие от молекул органически сопряжены с матричной средой. В случае формирования кластеров, в связи с наличием матричного материала, оказывается задействованным значительно большее число степеней свободы, чем при образовании молекул. Именно это обстоятельство наделяет кластеры специфическими свойствами, которые привлекают к ним внимание специалистов разного профиля. Такой подход имеет методологическое значение, он позволяет, помимо того, количественный расчет явлений (как и качественный анализ механизмов) разделить на два этапа. На первом этапе может происходить расчет изменений, происходящих в отдельных мезоскопических группах атомов с учетом имеющихся в каждой из них конкретных локальных условий: вариации сил взаимодействия участвующих атомов и их взаимного расположения, определяющего возможные парные сочетания. На втором этапе, используя данные по каждой из кластерных групп (образующих макротело) вместо сложного интегрирования (обезличенного статистического усреднения) используется суммирование конечного числа объектов. Что же касается про-

странственного дислоцирования и функционирования кластеров, то здесь наиболее уместно отнести ситуацию к гетеросистемам с δ -слоями. Последний термин определяет полупроводники с предельно неоднородным характером легирования, когда легирующая примесь вместо однородного распределения по объему полупроводника сконцентрирована в очень узких слоях, в идеале составляющих лишь один монослой. Такое название эти структуры получили в связи с тем, что профиль примесного распределения напоминает δ -функцию Дирака. Неоднородно распределенный заряд примесей создает в образце потенциальный рельеф, наличие которого приводит к качественному различию между свойствами δ -слоев и однородно легированных полупроводников. Кластеризация материалов существенно модифицирует их свойства. Нами наблюдалось значительное улучшение качества т.н. альтернативных (платине) катализаторов на основе кластеризованных молибдатов и вольфраматов лития. Были обнаружены явления оптической формовки $\text{CdS-Cu}_2\text{O}$ (КМЦ¹) - фотоэлементов, при котором процесс фотоактивированной кластеризации в этой системе проявлял особенности родственные свойствам фотохромных стекол, активированных медью.

Новые возможности открывает кластеризация и в кремниевой нанотехнологии [5-7]. На этом рубеже возможна реализация множества интересных объектов из арсенала нанoeлектроники, классифицируемых ныне как квантовые ямы, квантовые нити или квантовые точки. Все они попадают под определение квантово-размерных структур (КРС). Принципы формирования подобных объектов могут быть различными [8].

Нами исследовались исключительно субфазные кластеры [9-11], в формировании которых играют существенную роль играют синергетические факторы

¹ КМЦ – квазиметаллические центры

[8,12]. В результате, как и в случае КМЦ, следует ожидать, что структурообразование кластерной подсистемы осуществляется когерентно матричной основе. Последнее обеспечивает стабильность физических свойств соответствующих кластеризованных гетероструктур. Иллюстрацией сказанного выступают наглядные конструкции объектов нанометрового формата [9,10], самые простые, из которых, могут служить структурными элементами для образования субфазных кластеров (до 100 Å) наподобие того, как из F-центров образовывался КМЦ. Следует особенно подчеркнуть, что кластерное состояние вещества классифицируется ныне как фаза. Например, сегодня являются хорошо известными несколько твердых фаз углерода – графит, алмаз и фуллерен (был открыт в 1985 году), реализованный именно в мезоскопическом кластерном виде, имеющий многообещающие перспективы в нанoeлектронике и физике аэродисперсных систем. Приведем результаты электронно-микроскопического анализа Si-кластера, размером ~2-25 нм, на графите (рис. 1) [11]. Si-наноструктура состоит из квазикристаллического ядра, зафиксированного (как в керметах) аморфной (окисной) оболочкой. Толщина этой оболочки линейно уменьшается (от 2.9 до 0.8 нм) при сокращении размеров Si-НС. Этот результат дает наглядный пример того, каким образом можно фиксировать рассмотренные кластеры на кремнии и стабилизировать их по различным параметрам. Аналогичная кластеризованная гетероструктура с кластерами *InAs* и *InGaAs* на поверхности *GaAs* представлена на рис. 2. В развитие работ по хелатам² можно привести примеры новых возможностей интеркаллирования отдельных атомов или даже кластеров в Si-полиэдр, что еще более разнообразит свойства последних [9].

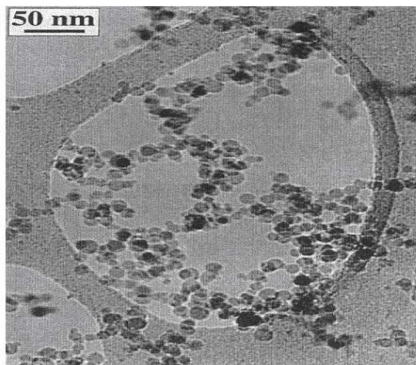


Рис. 1
Результаты электронно-микроскопического анализа Si-наночастицы

² Hela – греч. «клетня» (Дж.Морган, Х.Смит). Металл, находящийся в центре соединения служит как бы узлом, связывающим матричные молекулы. Сам же он удерживается этими молекулами – лигандами, за счет атомов-доноров лиганда (например, кислорода, азота, серы). Такие доноры отдают свои электроны для образования связи. Свойства этих соединений определяются характером хелатного узла, т.е. природой металла и непосредственно связанных с ним донорных атомов, а также размерами кластера.

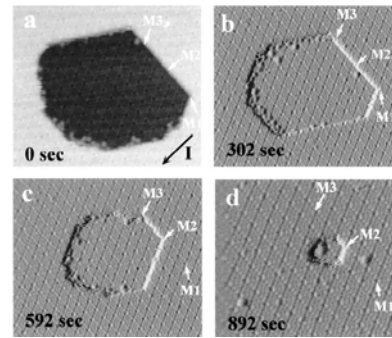


Рис. 2
Экспериментальная иллюстрация формирования Si – "магических" нанокластеров (обозначены буквой М) и формирование Si кратеров. STM-образцы (разной экспозиции) размер 350 Å – 300 Å (а) – (с) и 300 Å – 270 Å (d)

Нами рассматривались возможные оптические, фотоэлектрические и люминесцентные свойства кластеризованных кремниевых гетероструктур [4,8,10]. При этом, одной из задач нашей работы было создание широкого ассортимента кластерных модификаций с разнообразными физическими свойствами, на базе которых можно разрабатывать конкретные когерентно согласованные гетероструктуры [2,4,8]. Авторы, в частности, исследовали физико-химические свойства керметов – гетероструктур на основе аморфной SiO_2 -матрицы, модифицированной путем введения кластерного раstra из d-металлов (Cr, Mo, Nb). Образцы получались по пиролитической технологии. Очищенный инертный газ пропускался через нагреты органические соединения (бисэтилбензолхром и тетраоксисилан) и насыщался парами соответствующих соединений, после чего попадал в кварцевый реактор с ситаловой подложкой на которую фокусировался УФ пучок света (ПРК-200, ДРШ-500). Температура оседания керметной пленки составляла 1550°C . Варьируя условия реакции (температуру подложки, скорость потока реактива в камере, интенсивность УФ подсветки), можно было получать пленки SiO_2 с разным содержанием d-металлов атомарно-кластерной дисперсности. При этом величина удельного поверхностного сопротивления пленок изменялась от 10 до 10^4 Ом/кв.

Исследуемые гетероструктуры обладают рядом интересных свойств: в зависимости от приложенного напряжения, их электрическая проводимость может скачкообразно изменяться на много порядков по величине; на их основе могут быть созданы различные приборы функциональной микроэлектроники – управляемые резисторы, элементы памяти, чувствительные цветинверсные индикаторы и др.

Выводы. Полученные данные подтверждают перспективность подобных исследований свойств надмолекулярных кластеров для целей наноформатной микроэлектроники. Использование квазимолекулярных кластеров в качестве активирующей составляющей, модифицирующей материалы функциональной электроники. Является перспективной альтернативой классическому атомарному легированию для управления свойствами полупроводника, особенно с шириной запрещенной зоны более 1.5 эВ.

1. Мирзоев Ф.Х., Панченко В.Я., Шелепин Л.А. Лазерное управление процессами в твердом теле // УФН. 1996.- Т. 166, №1.- С.3-32. 2. Drozdov V.A., Kovalchuk V.V., Moiseev L.M., Moiseeva V.O. Optical spectra of polyhedral clusters: influence of the matrix surroundings // Photoelectronics.-2005.-№ 14. – P.12-18. 3. Шелль Э. Самоорганизация в полупроводниках. Неравновесные фазовые переходы в полупроводниках, обусловленные генерационно-рекомбинационными процессами. М.:Мир, 2001.- 460 с. 4. Дроздов В.А., Ковальчук В.В. Електронні процеси в наноструктурах с субфазим кремнієм //

Журнал фізичних досліджень. -2003. -№ 4.- С.25-32. 5. Tanaka K. Nanotechnology towards the 21st Century // Thin Sol. Films.-1999.-V.341.- P120-125. 6. Hersam M.C., Guisinger N.P., Lydrng J.W. Silicon-based molecular nanotechnology // Nanotechnology. 2000. V.11. P70-76. 7. Alivatos A.P. Semiconductor Clusters, nanocrystals, and quantum dots // Science. -1996. -V.271. -P.933-941. 8. Дроздов В.А., Ковальчук В.В., Моисеев С.Л. Фрактальная размерность наночастиц // Физика аэродисперсных систем. – 2002. – № 39. – С55-67. 9. Ковальчук В.В. Теоретичне обґрунтування штучного синтезування кластерних сполук на основі кремнію // Фізика конденсованих високомолекулярних

систем. Фізика полімерів. 2002. – № 9. – С.27-31. 10. Ковальчук В.В. Ультра дисперсные субфазы в молекулярной электронике (обзор) // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. -2002. -№ 3. – С. 6-14. 11. Находкин М.Г., Сізов Ф.Ф. Элементы функциональной электроники. – К.: ВД "Професіонал". - 201 с. 12. Ho M.S, Hwang I.S., Tsong T.T. Direct Observation of Electromigration of Si Magic Clusters on Si(111) Surfaces // Phys.Rev.Lett.-V.84, N25.-2000.- P.5792-5795.

Надійшла до редколегії 3.07.09р.

УДК 358.231:662.1.001

В. І. Кривцун, канд. техн. наук, І. Е. Ментус, канд. військ. наук

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОСЕРЕДЖЕНИХ ЗАРЯДІВ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОЛОМІВ У ПЕРЕШКОДАХ НЕОБХІДНИХ РОЗМІРІВ

У статті надано рекомендації щодо визначення основних характеристик контактної заряду вибухової речовини, який необхідний для влаштування пролому у перешкоді для пропуску штурмових груп або комунальних мереж. На відміну від існуючих даних підхід дозволяє побудувати повну картину руйнування перешкоди.

Ключові слова: вибухові речовини, зосереджені контактні заряди.

In the article the recommendations concerning definition of the basic characteristics of a contact charge of explosive which is necessary for a breach in an obstacle for the admission of assault groups or municipal networks are given. Unlike existing the given approach allows to construct a full picture of destruction of an obstacle.

Keywords: the explosives, the concentrated contact charges.

Вступ. В сучасних умовах перед фахівцями саперних (піротехнічних) підрозділів Збройних Сил та Міністерства надзвичайних ситуацій України можуть поставати специфічні завдання, які вимагають серйозної теоретичної підготовки виконавця у галузі теорії вибуху. До таких завдань можуть відноситись спрямовані руйнування будівель, гребель, влаштування ровів для захисту населених пунктів від паводку, утворення отворів у перешкодах для пропуску штурмових груп або комунальних мереж. Наведені завдання вимагають від виконавця ретельної підготовки, врахування всіх факторів руйнівної дії вибуху для запобігання руйнування оточуючих об'єктів народного господарства та негайного виконання поставленого завдання. Нажаль, існуюча система підготовки даних фахівців лише поверхнево розглядає такі питання і використання наближених виразів розрахунку може привести до непередбачуваних наслідків або не виконання завдання.

Метою даної статті є обґрунтування рекомендацій щодо розрахунку характеристик контактної зосередженої заряду вибухової речовини, який необхідний для влаштування пролому у перешкоді.

Математичний апарат. При вибуху контактної заряду на поверхні контакту його з перешкодою протягом деякого часу діє тиск продуктів вибуху, внаслідок цього по перешкоді розповсюджується ударна хвиля з швидкістю, більшою швидкості звуку в матеріалі. При виході фронту ударної хвилі на вільну поверхню частинки матеріалу перешкоди, що знаходяться на цій поверхні, одержують деяку швидкість і починають рухатися у бік вільної поверхні. У міру віддзеркалення ударної хвилі від вільної поверхні в цей рух послідовно залучаються все більш глибокі шари перешкоди. Якщо в якийсь момент часу кінетична енергія шару матеріалу, залученого до руху, стане більшою енергії, необхідної для його відриву, то шар відірветься від неї, в результаті цього утворюється відкольна вирва з новою вільною поверхнею. Якщо тривалість та інтенсивність ударної хвилі достатня, то від цієї нової вільної поверхні може бути відірвано ще один або декілька шарів, в результаті утворюється більш глибока відкольна вирва. В межі вона може охопити перешкоду по всій її товщині і тоді утворюється наскрізна пробоїна.

У загальному випадку для заряду довільної форми справедливий вираз [1]:

$$C = K_0 \frac{n^2}{\mu} h^2 h_0, \quad (1)$$

де C – маса заряду в кілограмах;
 K_0 – питома витрата вибухової речовини (ВР) для контактних зарядів, що визначається за формулою:

$$K_0 = \pi \sqrt{\frac{\rho A_m}{Q_0}} = \pi r \sqrt{\frac{A_m^0}{Q_0}} \quad (2)$$

де ρ – густина матеріалу, кг/м³;
 Q_0 – питома енергія вибухового перетворення ВР;
 A_m – питома робота руйнування одиниці об'єму матеріалу;

A_m^0 – питома робота руйнування одиниці маси матеріалу, так що:

$$A_m^0 = \frac{A_m}{\rho};$$

μ – коефіцієнт форми заряду, для зарядів у формі паралелепіпеда:

$$\mu = \begin{cases} 1 - \frac{H}{b} - \frac{H}{l} + \frac{4}{3} \frac{H^2}{bl}, & \text{якщо } \frac{b}{H} \geq 2 \\ \frac{1}{4} \frac{b^2}{H} \left(\frac{l}{b} - \frac{1}{3} \right), & \text{якщо } \frac{b}{H} \leq 2 \end{cases}, \quad (3)$$

де b – ширина заряду, м;

l – довжина заряду, м;

H – висота заряду, м;

для циліндричних зарядів:

$$\mu = \begin{cases} 1 - 2 \frac{H}{b} + \frac{4}{3} \frac{H^2}{b^2}, & \text{якщо } \frac{b}{H} \geq 2 \\ \frac{b}{6H}, & \text{якщо } \frac{b}{H} \leq 2 \end{cases}, \quad (4)$$

де b – діаметр заряду, м;

для напівсферичного заряду: $\mu = 1/2$

n – показник дії вибуху:

$$n = \frac{X}{h} + tg \alpha, \quad (5)$$

$\alpha = 45^\circ$ для металу, бетону, цегли.

$2X$ – мінімальний розмір активної площі контакту заряду з перешкодою, для циліндра і паралелепіпеда

$$\begin{cases} X = \frac{b-H}{2}, & \text{при } \frac{b}{H} \geq 2 \\ X = \frac{b}{4}, & \text{при } \frac{b}{H} \leq 2 \end{cases}, \quad (6)$$

h – товщина плити, м;

h_0 – товщина відколу, м.

Для випадку гарантованого руйнування у формулі (1) треба покласти, $h_0 = h$, в результаті отримаємо