

такие межсоединения будут на порядок замедлять совместную скорость работы соединенных между собой процессоров. Разработчики параллельных систем борются за расширение и устранение «узкого горла», но скорость современных процессоров все равно растет быстрее, чем пропускная способность каналов передачи данных. Поэтому зачастую более выгодным решением оказывается использовать один более мощный процессор, чем несколько менее мощных, соединенных между собой.

Традиционно считается, что нейронные сети можно успешно реализовать на универсальных процессорах, RISC-процессорах или на специализированных нейронных процессорах (нейрочипах). У каждого из перечисленных типов аппаратной реализации есть свои достоинства и недостатки.

Универсальные микропроцессоры, ярким представителем которых является семейство Intel 386/486/Pentium/PII/PIII, являются наиболее доступными и успешно используются для моделирования нейронных сетей. Доступность и распространенность компьютерных систем, построенных на таких процессорах, являются весомыми достоинствами для их применения. В качестве их основных недостатков для моделирования нейронных сетей обычно отмечается неадекватность (избыточность) архитектуры (хотя этот «недостаток» находится под большим вопросом) и сложности, связанные с каскадированием, т.е. сложности при построении многопроцессорных систем для увеличения суммарной производительности, хотя в свете вышесказанного, этот недостаток также можно оспаривать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щука А.А. Электроника. Уч. Пособие. Под ред. проф. А.С. Сигова.- Спб.: БХВ-Петербург, 2005. 2. Домрачев В.Г., Мальцев П.П. и др. Базовые матричные кристаллы и матричные БИС. - М.: Энергоатомиздат, 1992. 3. Зотов В.Ю. Проектирование цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы XILINX в САПР WebPACK ISE. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005. - 624с. 4. Тарасов И.Е. Разработка цифровых устройств на основе ПЛИС XILINX с применением языка VHDL. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005. - 252с

УДК 539.4.015.2

Подлозный Э. Д., Гречихин Л. И.

НАНОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА УПРОЧНЕННОГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМА И ГЛИНОЗЕМА, АРМИРОВАННЫХ КЛАСТЕРАМИ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ

*ЧУО «БИП- институт правоведения», Минск
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь*

Введение. В настоящее время особое внимание уделяется анализу строения различных композиционных материалов в машиностроении на наноуровне. Начиная с середины восьмидесятых годов прошлого века опубликовано большое количество работ (преимущественно экспериментальных) в этом направлении [1]. Теоретическое обоснование строения композитных материалов на наноуровне нашло отражение в [2-5]. Кластерные образования экспериментально обнаружены в расплавах при использовании метода молекулярной динамики [6], а в композитных материалах кластерные образования обнаружены и исследованы в [7]. Поведение кластерных образований под воздействием магнитных полей и температуры исследовано в [8] и обнаружено исчезновение кластеров при низких температурах, явление которое было предсказано теоретически в работе [9]. Таким образом, нанокластерное строение композитного конденсированного состояния прочно вошло в науку и технику.

В этой связи применительно к композиционному материалу на основе кремнезема (SiO_2) и глинозема (Al_2O_3), армированных кластерами карбоната кальция, возникает цель: *выяснить структуру и различные типы взаимодействий, которые формируют такой композиционный материал, на наноуровне*. В соответствии с поставленной целью возникает необходимость в решении следующих задач:

- выяснить, каким образом образуются многоатомные молекулы, кластерные образования и кластерные решеточные структуры двуокиси кремния, оксида алюминия и карбоната кальция;

- рассмотреть механизм межкластерного взаимодействия различных внедренных примесей в композитном материале на основе кремнезема и глинозема;

- определить основные требования к технологии изготовления композитов на основе кремнезема и глинозема, армированных кластерами карбоната кальция, с максимальными характеристиками прочности и жесткости.

Ниже рассмотрим последовательно каждую из сформулированных задач.

Образование многоатомных молекул. Образование молекул кремнезема происходит последовательно в два этапа: вначале образуется радикал SiO , а затем он взаимодействует с атомом кислорода. В двухатомной молекуле SiO электрические дипольные моменты направлены противоположно, и их разность $\Delta p_p = 5,83 \cdot 10^{-30} - 5,37 \cdot 10^{-30} = 0,46 \cdot 10^{-30}$ Кл·м является результирующим электрическим моментом молекулы SiO .

В следующем этапе атом кислорода вступает в реакцию с радикалом SiO ($\text{SiO} + \text{O} \leftrightarrow \text{SiO}_2$). При этом образуется молекула кремнезема. Электрический дипольный момент с углом между связями 138° $p_{p,\text{рез}} = 5,83 \cdot 10^{-30} + 3,85 \cdot 10^{-30} = 9,68 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Энергия ионизации 11,7 эВ. Средний ковалентный радиус 1,58 Å.

Образование молекулы Al_2O_3 обусловлено взаимодействием атома кислорода с двумя радикалами AlO . Результирующая энергия связи частиц в молекуле Al_2O_3 определяется диполь-дипольным взаимодействием и ковалентной связью между радикалами AlO и взаимодействием атома кислорода с двумя радикалами AlO ковалентной и ионной связями. Энергия диполь-дипольного взаимодействия между радикалами AlO будет наибольшей, если электрические диполи этих молекул расположатся последовательно. При таком расположении молекул AlO их энергия диполь-дипольного взаимодействия равна 0,878 эВ, а ковалентная связь составляет только 0,270 эВ. Атом кислорода с двумя молекулами AlO обладает ковалентной связью 0,279 эВ и ионной связью 5,70 эВ. Следовательно, результирующая энергия образования молекулы Al_2O_3 имеет значение примерно 7,12 эВ, а энергия разрыва связи атома кислорода с двумя молекулами AlO - 5,97 эВ. Для изолированной молекулы Al_2O_3 дипольный электрический момент составляет $3,87 \cdot 10^{-29}$ Кл·м. Энергия ионизации - 9,513 эВ [10]. Структура молекулы Al_2O_3 определена путем нахождения минимума потенциальной энергии взаимодействия атомарных структур в указанной молекуле.

Образование молекулы карбоната кальция CaCO_3 происходит также достаточно сложно. Вначале образуются двухатомные молекулы CaO и CO , а затем эти молекулы взаимодействуют друг с другом и с атомом кислорода. При этом атом кислорода может находиться только у радикала CO , у которого имеется свободная валентная связь, и образовывать молекулу CO_2 . Поэтому в молекуле карбоната кальция молекула CaO по существу взаимодействует с молекулой CO_2 .

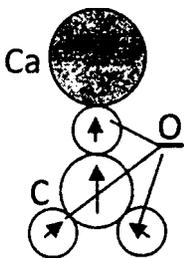


Рис. 1. Структурная схема молекулы CaCO_3

Атомы кислорода и кальция в молекуле CaO на расстоянии $r_e = 1,822$ Å связаны между собой ковалентной и ионной связью, а также электрон-дипольным взаимодействием. Атом кальция встроенным дипольным электрическим моментом не обладает, а атом кислорода вследствие взаимодействия p- и s-электронов внутри атома обладает встроенным дипольным электрическим моментом, равным: $5,37 \cdot 10^{-30}$ Кл·м [9].

Величина результирующей энергии связи молекулы CaO $E_{\text{рез}} = 4,52$ эВ. Экспериментальное значение 4,3 эВ [11] получено с погрешностью не более 10%. Поэтому теоре-

тическое значение в пределах допущенных ошибок измерений совпадает с данными эксперимента. Энергия ионизации молекулы CaO составляет 6,5 эВ. Дипольный электрический момент этой молекулы соответствует дипольному электрическому моменту атома кислорода, т.е. $5,37 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Межъядерное расстояние $r_e = 1,252 \text{ \AA}$ [11].

Молекула карбоната кальция CaCO_3 образуется путем взаимодействия молекул CaO и CO_2 . Максимум энергии взаимодействия имеет место при последовательном расположении дипольных электрических моментов, как это показано на рис.1.

На рис.1 также показано расположение дипольных электрических моментов для каждого атома. Такому расположению дипольных электрических моментов соответствует значение энергии 1,34 эВ. При такой энергии связи молекула карбоната кальция является достаточно прочной.

Образование кластерных структур. Сложные молекулы кремнезема, глинозема и карбоната кальция обладают большим значением дипольного электрического момента. Поэтому они образуют кластеры простой кубической структуры ионного типа. Усредненная энергия связи одних и тех же частиц в ионном кристалле определяется по формуле [12]:

$$E_{\text{св.,кл.}} = \frac{8p_d^2}{4\pi\epsilon_0 R^3} \left(-1 + \frac{0,5776}{2^{3,2}} - \frac{0,669}{3^{3,2}} + \dots \right), \quad (1)$$

где R – среднее расстояние между молекулами внутри кластера.

Результаты расчета средней энергии связи частиц внутри кластера, расстояния между частицами в кластере и средние дипольные электрические моменты молекул карбоната кальция, формирующих кластер, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные и результаты расчета энергий связи внутри кластеров

Параметры	Исходные молекулы		
	CaCO_3	Al_2O_3	SiO_2
$R, \text{ \AA}$	3,45...6,85	3,64	3,16
$P_d, \text{ Кл}\cdot\text{м}\cdot 10^{29}$	1,65	2,02	9,68
$E_{\text{св.,кл.}}, \text{ эВ}$	0,189	3,517	1,234
$E_{\text{св.,л.}}, \text{ эВ}$	0,095	0,950	0,334
$E_{\text{св.,пл.}}, \text{ эВ}$	0,370	0,475	0,168

Из таблицы 1 следует, что молекулы всех кластерных образований прочно связаны друг с другом. Распад кластеров при высоких температурах происходит вначале в горизонтальном направлении, а затем только в вертикальном. Известно, что при температуре 1098 К карбонат кальция разлагается [13]. На основании табл.1 в кластере карбоната кальция при расчетной температуре 1098 К происходит разрыв связи молекул карбоната кальция в вертикальном направлении, и при этом кластер начинает распадаться, что экспериментально отмечено, как разложение карбоната кальция.

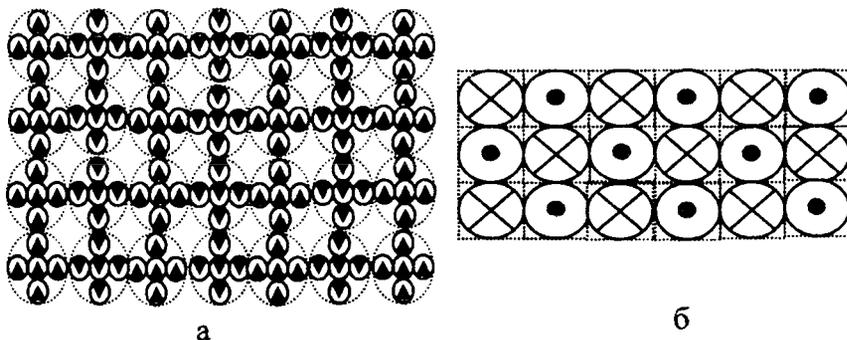


Рис. 2. Фрагмент кластерной решеточной структуры ионного кристалла:
а, б – вид в вертикальной плоскости и в горизонтальной плоскостях соответственно

Взаимодействие между кластерами создает межкластерную решеточную структуру, которая определяет конденсированное состояние. На рис. 2 приведена кластерная решеточная структура ионного кристалла. Такой кристалл пронизан в вертикальном и горизонтальном направлениях столбообразными пустотами, размер которых составляет $d = 2r_{\text{кл}}(\sqrt{2} - 1)$. Поверхность такого кристалла представляет собой периодическую электрически знакопеременную структуру. Упрочнить ее можно путем введения в столбообразные пустоты молекул или кластеров соответствующих размеров, обладающих сравнительно большим значением дипольного электрического момента. Рельеф поверхности определяется размером кластера.

Кластеры карбоната кальция связаны в горизонтальном направлении в основном диполь-дипольным взаимодействием, величина которого составляет 0,270 эВ, а в вертикальном направлении они связаны энергией 0,252 эВ.

Результаты вычисления энергосвязи кластеров карбоната кальция с кластерами глинозема кремнезема сведены в табл. 2.

Таблица 2-Межкластерное расстояние, размер межкластерных пустот и энергия связи кластеров карбоната кальция с кластерной решеточной структурой кремнезема и глинозема

Тип кластера	Параметры			
	R, Å	d, Å	E _{св.} , эВ	E · 10 ¹¹ , Па
SiO ₂	5,005	2,073	0,143	1,01
Al ₂ O ₃	5,245	2,172	0,259	1,61

Композиционный материал на основе кремнезема, армированного кластерами карбоната кальция используется при замешивании бетона. В этом случае температурное разрушение бетона будет происходить на границе связи кластеров карбоната кальция с частицами песка. Температура расслоения кластеров карбоната кальция с частицами кремнезема в соответствии с их энергией связи (0,143 эВ) составляет примерно 1660 К.

Чтобы бетон обладал такими свойствами необходимо заполнить столбообразные пустоты кремнезема молекулами карбоната кальция, которые внутри межкластерных пустот будут объединяться и формировать кластеры. Отдельные молекулы карбоната кальция можно получить путем распада кластера. Для этого можно использовать подогрев до температуры 1660 К, однако он значительно усложняет технологию получения конструкционного бетона. Выход был найден в использовании водного раствора. Вода обладает большой диэлектрической проницаемостью и поэтому в воде кластеры карбоната кальция будут эффективно распадаться на отдельные атомы уже при температуре около 14 К, а в нормальных условиях кластеры карбоната кальция в водном растворе вообще не образуются.

При заполнении столбообразных пустот молекулами карбоната кальция важно чтобы энергия связи кластеров молекул воды с той или иной основой была меньше чем связь молекул карбоната кальция с данной основой. В этом случае молекулы карбоната кальция будут вытеснять с поверхности основы кластеры воды.

Кластеры воды обладают радиусом примерно 3,42 Å и дипольным электрическим моментом $5,37 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Связь кластера воды с молекулой карбоната кальция 0,073 эВ, а минимальная энергия связи между молекулами карбоната кальция 0,095 эВ. По мере выпаривания воды образуются кластеры карбоната кальция, и они будут выталкивать воду на поверхность конструкционного бетона. Так протекает процесс схватывания бетона. Взаимодействие кластеров воды с кластерами всех остальных веществ составляет не более нескольких тысячных долей электрон-вольт. Поэтому вода не является препятствием для проникновения молекул карбоната кальция в основу кремнезема. По мере осаждения молекул карбоната кальция на той или иной основе образуются кластеры, которые должны располагаться с максимальной энергией связи.

При известной энергии межкластерных связей, которая в основном определяется диполь-дипольным взаимодействием, представляется возможность определить модули Юнга для

различных межкластерных взаимодействий. Модуль Юнга связан с энергией связи следующим образом:

$$E = \frac{U(r) - U(r_0)}{r_0 S_{кл} e^2}, \quad (2)$$

где $U(r)$, $U(r_0)$ – потенциалы взаимодействия на расстоянии r между взаимодействующими частицами и на равновесном удалении r_0 ; $S_{кл}$ – площадь кластера; e – относительная деформация. При использовании данных табл. 2 по энергиям взаимодействия были выполнены расчеты модулей Юнга. Результаты этих вычислений приведены в табл. 2. Для бетона модуль Юнга зависит от направления приложенной нагрузки. Обычно бетон невозможно выполнить в виде монокристалла. Поэтому для поликристаллического бетона модуль Юнга соответствует нижнему значению, приведенному в табл. 2, т.е. $5,5 \cdot 10^{10}$ Па, а сравнить его с экспериментальными данными можно чисто качественно. Так, в [13] приводятся значения для высокопрочного бетона $4,03 \cdot 10^{10}$ Па, а с фиброй $4,16 \cdot 10^{10}$ Па. С данными эксперимента теоретический расчет отличается незначительно.

Взаимодействие кластеров карбоната кальция с кластерами глинозема обуславливает более высокое значение модуля Юнга.

Нанотехнология изготовления бетона. Основные требования, предъявляемые к нанотехнологии изготовления композитных материалов на основе кремнезема и глинозема следующие:

1. Формирование конденсированного состояния кремнезема, армированного кластерами карбоната кальция, следует производить путем замешивания частиц песка минимального размера 100 нм с равномерным распределением по всему объему карбоната кальция и частиц песка. Такая смесь заливается водой и доводится температура до 100°C . При этой температуре кластеры карбоната кальция и воды распадаются на молекулы и это способствует более эффективному процессу проникновения молекул карбоната кальция в межкластерные пустоты кремнезема. Энергия межкластерной связи карбоната кальция выше энергии межкластерной связи воды. Поэтому вода будет выталкиваться как из межкластерных пустот кремнезема, так и со всего объема образующегося композиционного материала на его поверхность. Так происходит «схватывание» бетона с образованием кристаллического монолита нанокластеров карбоната кальция внутри основы кремнезема.

2. Из табл. 2 видно, что несколько большая энергия связи реализуется при росте кластеров карбоната кальция в межкластерных пустотах глинозема. Такой композиционный материал использовать в строительстве было бы целесообразнее, так как его механические свойства более привлекательны. Однако технология производства такого композита не простая задача.

Заполнение нанокластерами карбоната кальция межкластерных пустот глинозема сложная дорогостоящая технология. Производство такого композита возможно осуществить, применив две технологии. Если необходимо получать более равномерную структуру, то композиционный кристалл следует получать путем роста кристалла из расплава при температуре плавления глинозема (2323 К).

Если не требуется получать строго равномерную структуру, то можно использовать такую же технологию, как при производстве бетона, но вместо воды применить жидкое состояние вещества, у которого встроенный электрический момент значительно превосходит дипольный электрический момент воды. Например, это может быть изопропанол. Такая технология была разработана применительно к производству электропроводящей керамики нитрида кремния [9]

ЛИТЕРАТУРА

1. Анелло М.А. и др. // Механика композитных материалов. 2003. Т. 39, № 4. С. 431–444.
2. Тенферс Р., де Лоренцис Л. // Механика композитных материалов. 2003. № 4. С. 477 – 496.
3. Плескачевский Ю.М. и др. // Механика машин, механизмов и материалов. 2009. № 1. С. 67 – 71.
4. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. – М., 2007.
5. Суздаев И.П., Суздаев П.И. // Успехи химии. 2001. Т. 70, Вып. 3. С. 203 – 240.
6. Еланский Г.Н. Строение и свойства металлических расплавов. – М.: Металлургия, 1991. – 160 с.
7. Илюшенко А.Ф. и др. // Сварка и родственные технологии. 2008. № 10. С. 97-102.
8. Макогонюк Г.Д., Айдаров В.М., Седов А.Д. Наноструктура поверхности кристаллов, полученных из растворов, подвергшихся различ-

ным физическим воздействиям // Молодежный инновационный форум Приволжского федерального округа. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. С.183. 9. Гречихин Л.И. Наночастицы и нанотехнологии. Мн., 2008. 10. Витязь П.А., Подлозный Э.Д., Гречихин Л.И. Нанотехнология производства упрочненного бетона с различной матрицей композита // Вести Национальной академии наук Беларуси, 2010, № 1, С. 5-13. 11. Радциг А.А., Смирнов Б.М. Справочник по атомной и молекулярной физике. М., 1980. 12. Гречихин Л.И., Иващенко С.А. // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз. – тэх. навук, 2002. № 4. С. 11 - 17. 13. Скребцов А.М. // Известия вузов. Черная металлургия. 2009. № 2. С. 28 - 31.

УДК 004.912

Романюк Г.Э., Мардас Д.В., Журавский А.О.

ПРОГРАММА ПОДСЧЕТА ЧАСТОТЫ ВХОЖДЕНИЯ СЛОВ В ТЕКСТЕ НА БЕЛОРУССКОМ И ПОЛЬСКОМ ЯЗЫКАХ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Сегодня параллельно с бурным развитием технологий, общества, маркетинговых программ увеличивается объем информационных потоков. Успешное ведение бизнеса невозможно без непрерывного контроля за рыночной средой. С помощью получения, обработки информации и ее управления менеджеры компаний могут узнать об изменении потребностей покупателей, новых шагах конкурентов, состоянии каналов сбыта.

Несмотря на широкое использование мультимедиа, текст остается одним из основных видов информации в большинстве электронных хранилищ. Разработка эффективных подходов к обработке текстов с целью фильтрации, формирования смыслового портрета, навигации по базе текстов является одним из наиболее актуальных направлений современных информационных технологий.

В связи с развитием информационных ресурсов сети Интернет документальное информационное пространство развилось до такого уровня, который требует новых подходов. Рост объемов информации и скорости ее распределения фактически породил понятие информационных потоков. Вместе с тем, математический аппарат и инструментальные средства уже не всегда способны адекватно отражать ситуацию, речь идет не столько об анализе конечных массивов документов, сколько о навигации в документальных информационных потоках [1].

Большое значение приобретает такое понятие как "преобразование информации в знания". Этому в значительной мере способствуют чисто прикладные успехи в машинной обработке потоков данных, содержащих документы, не только составленные на разных языках, но и относящихся к различным социокультурным контекстам. Понятно, что в таком случае обработка потока данных (т. е. информации в чистом виде), какой бы она ни была, не предполагает активного использования содержания документов. Практика показывает, что информация может вполне успешно обрабатываться вне зависимости от того, какой смысл в нее заложен. В связи с этим возникает интерес к подходам, основанным на статистической обработке текста.

Наиболее широко используемым способом поиска нужной информации в Интернете является метод с использованием поисковых систем, но в то же время он является и наиболее сложным. Его широкая распространенность обусловлена тем, что поисковые системы содержат в себе индексы громадного количества сайтов и при правильно сформированном запросе можно сразу же получить ссылки на интересующие ресурсы. Сложность метода состоит в том, что для того, чтобы результат был качественным, необходимо уметь выбрать наиболее подходящие поисковые системы, правильно формулировать запросы к ним, учитывать их особенности и функциональные возможности.

Двоякая характеристика данного метода связана с тем, что проведение эффективного поиска требует одновременного решения двух противоположных задач: увеличении охвата с целью извлечения максимального количества значимой информации и уменьшении охвата с целью миними-