

этим наблюдалось увеличение интенсивности линии $\text{Cu}2p$ и деформация формы пиков со смещением в сторону энергий связи, характерных для оксидов меди. Сопоставление данных РФЭС и ЭЗМА показывает, что распределение меди и кобальта по толщине остается неизменным после облучений, за исключением тонкого поверхностного слоя толщиной $\sim 100\text{Å}$, обогащенного медью менее чем на 10% по сравнению с исходным состоянием. При этом, согласно РЭМ и оптических фотографий наблюдается планаризация рельефа поверхности после облучений, уменьшается разброс размеров зерен с тенденцией к уменьшению среднего размера зерна, залечивание пор и проколов в пленках. Нелокальные изменения, происходящие в пленках непосредственно под воздействием низкоэнергетического облучения, характеризуются данными рентгеноструктурного анализа. После облучений, несмотря на уменьшение общей толщины пленок, вызванной процессами распыления, наблюдается увеличение интенсивности пика $\text{Cu}(100)$ и уменьшение ширины линии пика на полувысоте β (для пленки Cu/Co (Co 8 ат. %) в исходном состоянии $\beta=0,423^\circ$, после облучения – $\beta=0,382^\circ$). Отжиги в вакууме при $T < 100^\circ\text{C}$ с напуском O_2 до $P_{\text{рав}}=4 \cdot 10^{-4}$ тор и отсутствии облучения ионами кислорода, с напуском O_2 в присутствии облучения ионами Ag не приводили к образованию окисленного слоя. Термическое циклирование в климатической камере в диапазоне температур от -20 до $+50^\circ\text{C}$ показало термостабильность свойств пленок Co/Cu с содержанием Co 8,11,20 ат % и поверхностным окисленным слоем, формируемого непосредственно при облучении низкоэнергетическими ионами кислорода.

УДК 681.3

ПОДХОД К РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ СИМВОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Хведчук В.И.

БПИ

Имеется задача выполнения математических расчетов в САПР, а также в некоторых других, менее масштабных приложениях. В части случаев для ее решения используются специализированные расчетные системы (*Zenit, Lira, Cosmos-M*). Они выполняют расчет устоявшегося набора практических задач. При этом добавление новых элементов расчета возможно прежде всего за счет математических преобразований. Выполняются они обычно вручную. Добавляются также дополнительные интерфейсные модули для расширения возможностей систем. Обычно это требует затрат ресурсов рабочего и машинного времени. Поэтому необходима автоматизация математических преобразований, формирования новых интерфейсных возможностей.

Возможно использование математических систем для прикладных расчетов [2]. Для выполнения задач символьного анализа в такого рода системах используются дополнительные средства расширения (пакеты символьного анализа).

Постоянное обновление такого рода средств вызывается также необходимостью для каждого специалиста решать новые задачи, для которых обычно не разработаны программные средства.

Поэтому поставлена задача разработки системы символьной обработки. В качестве базового выбран язык логического программирования. Имеется возможность описания новых понятий, правил их обработки.

Исходная задача обычно в следующем виде [1].

$$T''(x)=0$$

$$T(0)=T_0, T(L)=T_L$$

Примеры правил для ее описания [3, 4].

```
((d _X _X 1)
 /)
((d _C _X 0)
 (NUM _C))
((d (minus _U) _X (minus _A))
 (d _U _X _A))
((d (plus _U _V) _X (plus _A _B))
 (d _U _X _A)
 (d _V _X _B))
((d (minus _U _V) _X (minus _A _B))
 (d _U _X _A)
 (d _V _X _B))
((d (mul _C _U) _X (mul _C _A))
 (CON _C)
 (NOT EQ _C _X)
 (d _U _X _A)
 /)
((d (mul _U _V) _X (plus (mul _B _U) (mul _A _V)))
 (d _U _X _A)
 (d _V _X _B))
((d (delate _U _V) _X _A)
 (d (mul _U (stepen _V (minus 1))) _X _A))
((d (stepen _U _C) _X (mul _C (stepen _U (minus _C 1)) _W))
 (CON _C)
 (NOT EQ _C _X)
 (d _U _X _W))
```

```
((d (log _U) _X (mul _A (stepen _U (minus 1))))
(d _U _X _A))
```

Понятия представляются на основании конструкций, аналогичных приведенным ниже [5].

```
((пар_объекта _T _H)
(_H_арг)
(ADDCL ((_H _T_арг)))
ФАИЛ)
((пар_объекта _H _T))
((присоединить () _X _X))
((присоединить (_H|_X) _Y (_H|_Z))
(присоединить _X _Y _Z))
((имя_понятия (_H|_X))
(EQ _H_треуг)
(параметры_треуг _X))
((имя_понятия_треуг))
((ключ_понятия _X)
(EQ _X_понятие))
((параметры_имя (_H|_пар))
(ADDCL ((_имя (_H _a)))))
(параметры_имя_пар))
((параметры_имя ()))
((предложение (_H _T))
(NOT имя_понятия _H)
(имя_понятия _T)
(пар_объекта _H _T))
((понятие (_H|_X))
(ключ_понятия _H)
(имя_понятия _X))
```

В результате преобразований задача может быть сведена к представлению в виде систем линейных уравнений [1].

$$u''(x)+u(x)=f(x) \quad 0 < x < b$$

$$u(a)=0, u(b)=0$$

$$x_i = a + i \cdot h \quad i=0, 1..N+1, h=(b-a)/(N+1)$$

$$u''(xi)=h^{-2}(u(xi+h)-2*u(xi)+u(xi-h))$$

Система может быть записана в следующем виде.

$$\begin{pmatrix} \text{система } a_{11} a_{12} \dots a_{1n} a_{21} a_{22} \dots a_{2n} \\ \dots \\ a_{n1} a_{n2} \dots a_{nn} b_1 b_2 \dots b_n \\ x_1 x_2 \dots x_n \end{pmatrix}$$

Над ней можно определить набор операций для решения. Набор реализуется программно. Данный набор операций может быть получен на основании правил формирования решения. Таким образом может быть сформировано решение системы, реализуемое с помощью исполняющей системы. В результате возможно увеличение размерности системы уравнений.

Подобный подход пригоден для решения и других задач, позволяя снять в значительной мере ограничения по объему ОЗУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математика и САПР. т.1, 2. М., Мир, 1988.
2. Дж.Дэвенпорт, И.Сирэ, Э.Турнье. Компьютерная алгебра. М., Мир, 1991.
3. У.Клоксин, К.Меллиш. Программирование на языке Пролог. М., Мир, 1987.
4. И.Братко. Программирование на языке Пролог для интеллектуальных систем. М., Мир, 1990.
5. М.И.Кахро, А.П.Калья, Э.Х.Тыугу. Инструментальная система программирования ЕС ЭВМ (ПРИЗ). М., Финансы и статистика, 1988.