

4. Создание топологии схемы

В Microwave Office для создания топологии схемы используется эффективный объектно-ориентированный метод программирования. При этом топология тесно связана со схемой и электромагнитными структурами. Топология – это фактически другое представление схемного решения и любые модификации, которые делаются в схеме, автоматически и немедленно отображаются и в соответствующей её топологии и наоборот. Это исключает необходимость в сложной синхронизации соответствия схемы и её топологии перед моделированием.

В Microwave Office имеется много возможностей, которые позволяют создавать сложные топологии, типа монолитных СВЧ микросхем (ММИС) и различных типов многослойных структур. Приводимый здесь пример показывает некоторые основные возможности создания топологии.

Создание топологии в Microwave Office включает следующие основные шаги:

- o Импортирование файла обработки слоя (*.lpf);
- o Редактирование базовой единицы измерения и размера сетки по умолчанию;
- o Импортирование библиотеки элементов топологии;
- o Импортирование и размещение файла данных в схемном решении;
- o Замена изображения схемного элемента в схеме;
- o Размещение микрополосковых проводников в топологии;
- o Назначение элемента топологии элементу схемы;
- o Просмотр топологии;
- o Закрепление элемента топологии;
- o Создание элемента топологии;
- o Управление элементом MTRACE2 (элемент, которым можно чертить изогнутые проводники, например, меандровую линию) в топологии;
- o Экспортирование топологии.

Создание нового проекта.

Чтобы создать новый проект:

1. Выберите в меню **File>New Project** (Файл>Новый проект).
2. Выберите в меню **File>Save Project As** (Файл>Сохранить проект как). Откроется диалоговое окно **Save As**.
3. Наберите имя проекта (например, **Layout**) и нажмите **Сохранить**.

Определение глобальных единиц измерения в проекте.

Выберите в меню **Options>Project Options** и в открывшемся окне для частоты введите единицу измерения **GHz**, снимите отметку в **Metric units** и в поле **Length type** введите **mil**. Нажмите **OK**.

Импортирование файла слоя.

Файл слоя (LPF) определяет установки по умолчанию для представления топологии, включая рисунок слоёв, отображение , 3-х мерное изображение и отображение электромагнитных структур. Чтобы импортировать файл *.lpf:

1. Щёлкните левой кнопкой мышки по панели **Layout** (Топология) в нижней части левого

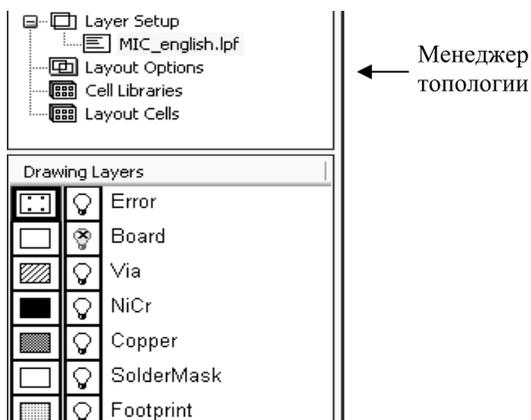


Рис. 4.1

окна, чтобы открыть менеджер топологии (Layout Manager).

2. Правой кнопкой мышки щёлкните по **Layer Setup** (Установка слоя) в менеджере топологии и выберите **Import Process Definition** (Импорт процесса определения). Откроется диалоговое окно **Import Process Definition**.

3. Найдите папку ...\\AWR\\AWR2007 и дважды щёлкните по ней левой кнопкой мышки, чтобы открыть папку.

4. Выделите файл **MIC_english.lpf** и нажмите **Открыть**. Окно менеджера топологии будет выглядеть, как показано на рис. 4.1. Слои в нижней части окна менеджера топологии отображаются в том случае, если на рабочем поле открыто окно схемы.

Редактирование базовой единицы измерения и размера сетки по умолчанию.

Базовые единицы измерения являются минимальными единицами измерения, определяющими точность топологии. Установленное значение базовых единиц измерения в дальнейшем не должно изменяться в процессе работы над проектом. Их изменение может вызвать погрешности округления, что может вызвать проблемы в файле топологии.

Размер сетки важен потому, что размеры многих элементов топологии должны быть кратны размерам сетки. Размер сетки должен быть равен или больше базовых единиц измерения. При создании топологии схемы вы можете изменять размер сетки, увеличивая или уменьшая его до 10 раз, вводя соответствующий множитель на панели инструментов при открытом окне топологии схемы. Поэтому размер

сетки нужно устанавливать в 10 раз больше базовых единиц измерения, чтобы не допустить наличие более мелкой сетки, чем базовые единицы измерения.

Чтобы установить базовые единицы измерения и размер сетки:

1. Выберите в меню **Options>Layout Options** или дважды щёлкните левой кнопкой мышки по **Layout Options** в окне менеджера топологии.
2. В открывшемся окне опций топологии на вкладке **Layout** (рис. 4.2) в поле **Grid spacing** (Интервал сетки) введите **0.1 mil**, в поле **Database unit size** (Размер базовой единицы измерения) введите **0.01 mil**. Нажмите **OK**.

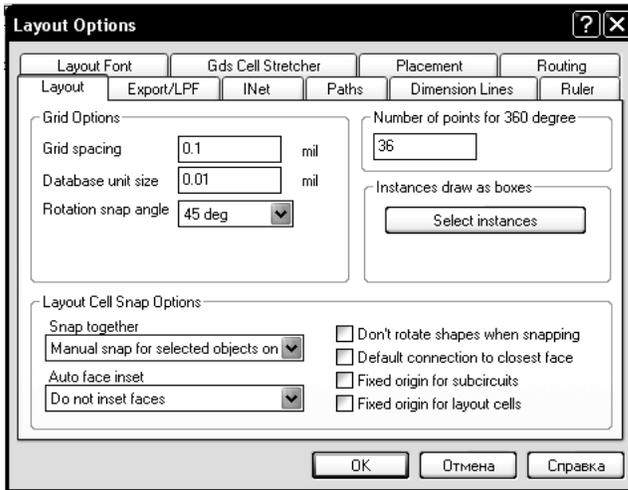


Рис. 4.2

Импортирование библиотеки элементов GDSII.



Рис. 4.3

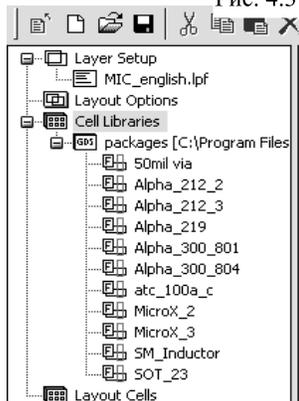


Рис. 4.4

Библиотеки элементов используются в Microwave Office, чтобы обеспечивать создание, как многослойных физических структур, так и полосков печатных плат или обработки гибридных устройств, а так же для стандартных графических работ, используемых при обработке монолитных СВЧ микросхем (MMIC) и высокочастотных интегральных схемах (RFIC). Microwave Office поддерживает формат файлов GDSII для чертежей.

Чтобы импортировать библиотеку элементов GDSII:

1. Правой кнопкой мышки щёлкните по **Cell Libraries** (Библиотеки элементов) в менеджере топологии и выберите **Import GDSII Library** (Импортировать библиотеку GDSII). Откроется диалоговое окно **Import GDSII Library** (Рис. 4.3).
2. Откройте папку **... \AWR\MWO2007\Examples \Microwave Office \Getting_Started\Layout** и дважды щёлкните левой кнопкой мышки по файлу **packages.gds**, чтобы импортировать этот файл.
3. Откроется окно **Warning: Different Database Unit** (Предупреждение: Модуль различной базы данных). В этом окне сообщается, что некоторые пункты в этой библиотеке будут сокращены в текущем модуле базы данных при выполнении чертежа или сохранении в файле и перечисляются элементы из базы данных. Нажмите **OK**. Импортированная библиотека будет отображена в окне менеджера топологии, как показано на рис. 4.4.

Импортирование файла данных.

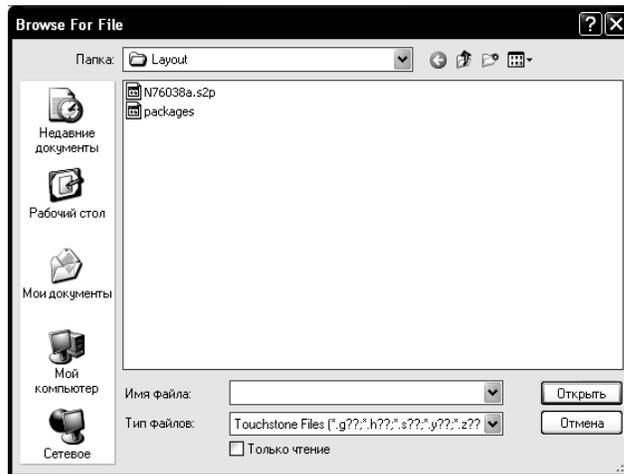


Рис. 4.5

Создание схемы.

Чтобы создать схему:

1. Правой кнопкой мышки щёлкните по группе **Circuit Schematics** в окне просмотра проекта и выберите **New Schematic** или щёлкните по значку **New Schematic** на панели инструментов. Откроется диалоговое окно **Create New Schematic** (Создать новую схему).
2. Введите **qs layout** и нажмите **OK**.

Размещение файла данных в схеме и добавление точки заземления.

Как только вы импортировали файл данных, он появляется как элемент подсхемы в группе **Subcircuits** в окне просмотра элементов, как показано на рис. 4.6. Теперь вы можете файл данных вставить в качестве подсхемы в любую схему, создаваемую в проекте.

По умолчанию подсхемам присваивается символ прямоугольника, который имеет столько узлов, сколько имеется портов в исходной схеме. В нашем случае подсхема файла данных, который представляет собой S-параметры транзистора, имеет только два узла, хотя для транзистора их должно быть три. Для подобных случаев Microwave Office предоставляет возможность добавить третий узел, который назван **Explicit ground node** (Явный узел земли). Т.е. нам нужно вставить в схему элемент подсхемы **N76038a** с добавленным третьим узлом. Сделать это можно двумя способами.

Чтобы поместить файл данных в схему:

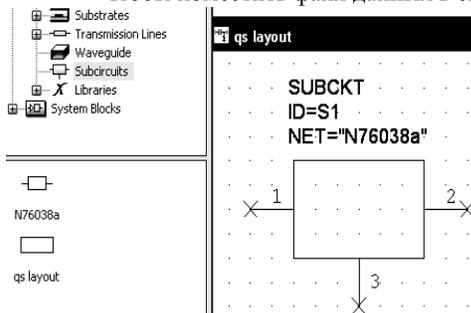


Рис. 4.6

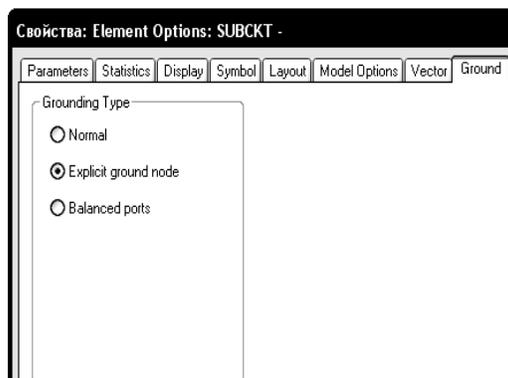


Рис. 4.7

Чтобы импортировать файл данных:

1. Щёлкните мышкой по п **Project** в нижней части левого окна.
2. Правой кнопкой мышки щёлкните по группе **Data Files** в окне просмотра проекта и выберите **Import Data File**. Откроется диалоговое окно **Browse For File** (Рис. 4.5).
3. Откройте папку `...\AWR\MWO2007\Examples\ Microwave Office\Getting_Started\ Layout` и дважды щёлкните по файлу **N76038a.s2p**, чтобы импортировать его.

1. Щёлкните мышкой по панели **Elements** в нижней части левого окна, чтобы открыть окно просмотра элементов.
2. Щёлкните левой кнопкой мышки по группе **Subcircuit** (Подсхемы). Модели подсхем отображаются в нижней части левого окна.
3. Нажмите левой кнопкой мышки на модель **N76038a** и, не отпуская кнопки мышки, перетащите её в окно схемы, отпустите кнопку мышки, поместите элемент в окне схемы и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы его зафиксировать.
4. В окне схемы дважды щёлкните мышкой по вставленному элементу **N76038a**.
5. В открывшемся окне свойств элемента откройте вкладку **Ground** (рис. 4.7). В области **Grounding Type** отметьте **Explicit ground node** и нажмите **OK**. Элемент подсхемы будет выглядеть, как показано на рис. 4.6.

Второй способ, возможно, более удобный, заключается в следующем:

1. Щёлкните левой кнопкой мышки по значку  на панели инструментов.

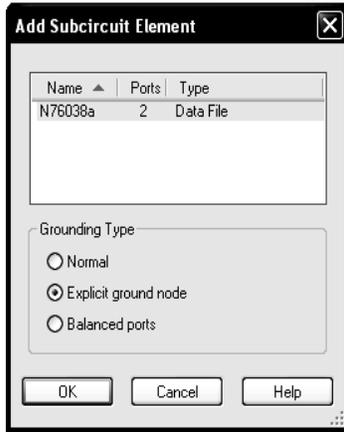


Рис. 4.8

- Откроется окно **Add Subcircuit Element** со списком всех имеющихся в проекте подсхем (рис. 4.8).
- Отметьте **N76038a** в списке подсхем, затем отметьте **Explicit ground node** и нажмите **OK**. Результат будет таким же, как показано на рис. 4.6.

Замена символа элемента.

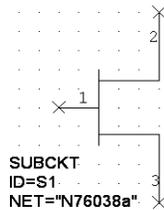


Рис. 4.9

Символ подсхемы может быть изменён на FET, чтобы можно было видеть, какие узлы соответствуют затвору, стоку и истоку. Чтобы изменить символ:

- Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по элементу подсхемы в окне схемы. Откроется диалоговое окно **Element Options**.
- В открывшемся окне опций элемента откройте вкладку **Symbol**.

Размещение микрополосковых элементов в схеме для топологии.

Микрополосковые элементы имеют по умолчанию соответствующие им элементы топологии. Элементам топологии автоматически присваиваются параметры и размеры в соответствии со значениями, определёнными для каждого параметра.

Чтобы разместить микрополосковые элементы:

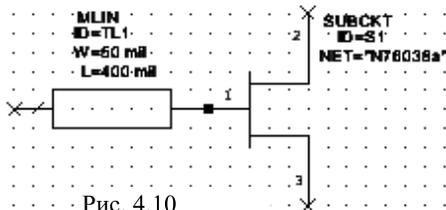


Рис. 4.10

- Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по подгруппе **Microstrip** в окне просмотра элементов.
- Щёлкните левой кнопкой мышки по подгруппе **Lines**. Модели линий отображаются в нижней части левого окна.
- Нажмите левой кнопкой мышки на модель **MLIN** и, не отпуская кнопки мышки, перетащите элемент в окно схемы, отпустите кнопку, поместите элемент на узле **1** подсхемы **N76038a** и щёлкните ле-

вой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать его (Рис.4.10).

- Теперь щёлкните левой кнопкой мышки по подгруппе **Junction** (Сочленения) в группе **Microstrip** в окне просмотра элементов. Модели сочленений отображаются в нижней части левого окна.

Примечание. Элементы, имеющие на конце имени \$, наследуют параметры от других элементов, с которыми они соединяются. Элементы, имеющие на конце имени X, созданы электромагнитным моделированием с параметрами, сведёнными в таблицу. Например, MTEEX\$ – это T – сочленение в микрополосковой линии, созданное электромагнитным моделированием, которое наследует ширину полосок от линий, с которыми оно соединяется.

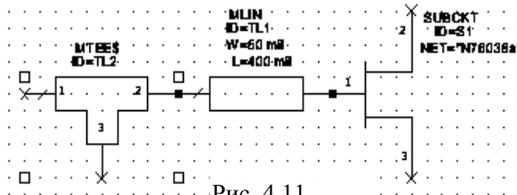


Рис. 4.11

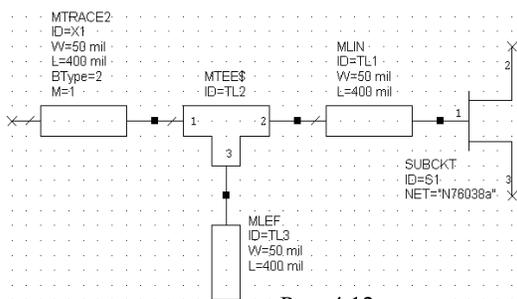


Рис. 4.12

- Нажмите левой кнопкой мышки на модель **MTEES** и, не отпуская кнопки мышки, перетащите элемент в окно схемы, отпустите кнопку, поместите элемент так, чтобы соединить его с левым узлом элемента **MLIN**, как показано на рис. 4.11 и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать его.
- Щёлкните левой кнопкой мышки по подгруппе **Lines**, перетащите элемент **MTRACE2** в окно схемы и соедините его с узлом **1** элемента **MTEES** и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать элемент.
- Перетащите элемент **MLEF** в окно схемы, щёлкните три раза правой кнопкой мышки, чтобы повернуть элемент, поместите его на узел **3** элемента **MTEES** и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать (рис. 4.12).

8. Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по элементу **MTRACE2** в окне схемы, чтобы открыть диалоговое окно **Element Options**. Введите следующие параметры: **W=10 mil**, **L=200 mil**, **BType=2** и **M=0.6**. Нажмите **OK**.
9. Дважды щёлкните мышкой по элементу **MLIN**, затем по элементу **MLEF**, и отредактируйте их параметры следующим образом. Для элемента **MLIN** введите **W=10 mil**, **L=100 mil**. Для элемента **MLEF** введите **W=20 mil**, **L=150 mil**.

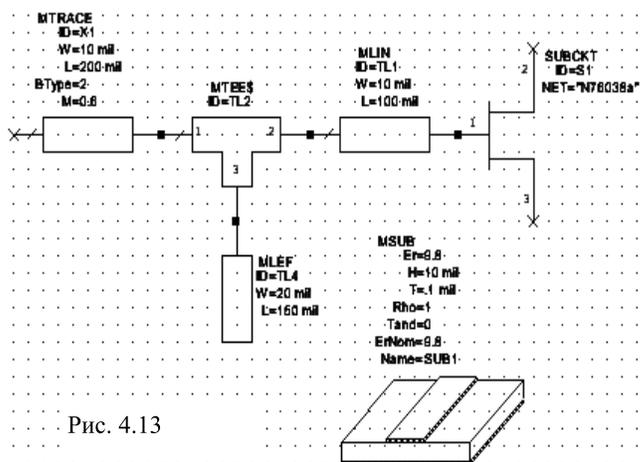


Рис. 4.13

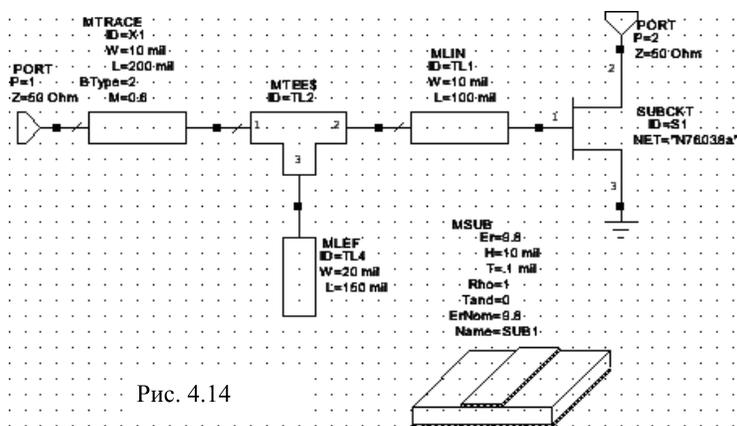


Рис. 4.14

Port на панели инструментов, переместите курсор в окно схемы, поместите порт на левом узле элемента **MTRACE**, как показано на рис. 4.14 и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать.

14. Снова щёлкните левой кнопкой мышки по значку **Port** на панели инструментов, переместите курсор в окно схемы, щёлкните три раза правой кнопкой мышки, чтобы развернуть порт, поместите его на узле **2** элемента **SUBCKT** и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать.
15. Чтобы закончить схему, щёлкните левой кнопкой мышки по значку **Ground** на панели инструментов, переместите курсор в окно схемы, поместите землю на узле **3** элемента **SUBCKT** и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать (Рис. 4.14).

Назначение топологического чертежа ячейки элементу схемы.

Элементу схемы может быть поставлен в соответствие топологический чертёж ячейки. Чтобы сделать это:

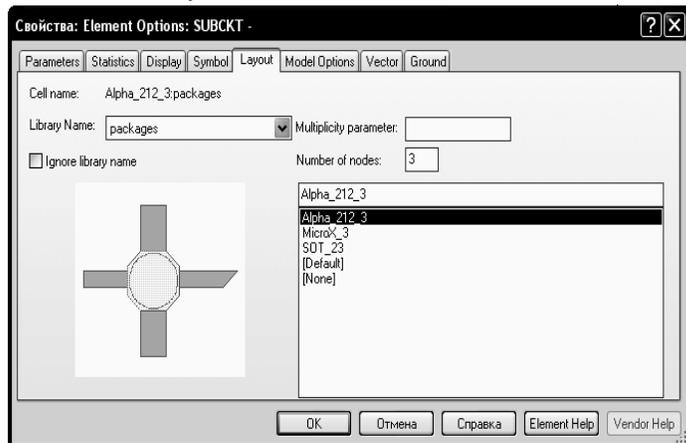


Рис. 4.15

их параметры следующим образом. Для элемента **MLIN** введите **W=10 mil**, **L=100 mil**. Для элемента **MLEF** введите **W=20 mil**, **L=150 mil**.

10. Щёлкните левой кнопкой мышки по подгруппе **Substrates** (Подложки) в окне просмотра элементов. Модели подложек отображаются в нижней части левого окна.
11. Нажмите левой кнопкой мышки на модель **MSUB** и, не отпуская кнопки мышки, перетащите элемент в окно схемы, отпустите кнопку, поместите элемент, как показано на рис. 4.13 и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать.
12. Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по элементу **MSUB** в окне схемы, чтобы открыть диалоговое окно **Element Options**. Введите **Er=9.8**, **H=10 mil**, **T=0.1 mil**, **Rho=1**, **Tand=0** и **ErNom=9.8**. Нажмите **OK**.
13. Щёлкните левой кнопкой мышки по значку

1. Дважды щёлкните по элементу **N76038a** в окне схемы, чтобы открыть диалоговое окно **Element Options**.
2. Откройте вкладку **Layout** этого окна.
3. В поле ввода **Library Name** введите **packages**, щёлкнув мышкой по кнопке в правом конце этого поля, и в списке топологических ячеек отметьте **Alpha_212_3**. Нажмите **OK**.

Просмотр топологии.

Чтобы просмотреть топологию:

1. При активном окне схемы выберите в меню **View>New Layout View** или щёлкните левой кнопкой мышки по значку **New Schematic View Layout**  на панели инструментов. Топология будет показана в окне топологии на рабочем поле. Она может отображаться в

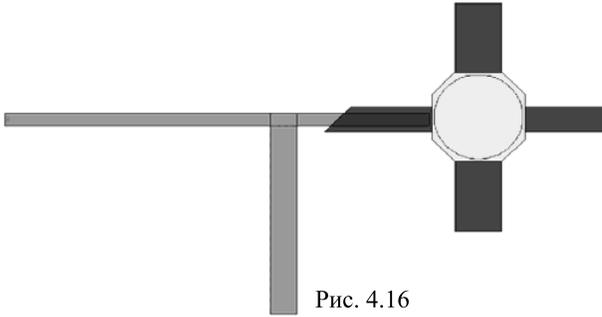


Рис. 4.16

должна быть выделена.

2. Установите курсор мышки левее и выше топологии, нажмите левую кнопку мышки и, не отпуская кнопки, переместите курсор правее и ниже топологии так, чтобы вся топология попала в образовавшийся прямоугольник. Или выберите в меню **Edit>Select All**. Вся топология
3. Выберите в меню **Edit>Snap Together** (Редактировать>Связать вместе) или щёлкните по значку **Snap Together** , чтобы связать вместе все элементы топологии и тем самым упорядочить топологию. Созданная топология показана на рис. 4.16.

Закрепление элемента топологии.

Элементы топологии обладают определёнными свойствами, которые определяют, каким образом каждый элемент топологии соединяется с другими элементами при упорядочении топологии. Одним из таких свойств является возможность закрепить элемент топологии на установленном месте. Причём возможны два варианта такого закрепления: **Anchor** (Прикрепить) и **Freeze** (Зафиксировать). Если использовать закрепление **Anchor**, то при любых изменениях в расположении элементов в схеме или изменении их параметров с последующим редактированием топологии командой **Snap Together**, чтобы снова соединить вместе изменённое расположение соответствующих элементов топологии, то закреплённые элементы будут оставаться на прежнем месте. Все остальные элементы топологии будут “подгоняться” под закреплённые элементы. Однако закреплённый этим способом элемент топологии можно перемещать мышкой или координатным вводом. Если же элемент топологии закрепить командой **Freeze**, то такой элемент нельзя переместить никаким способом.

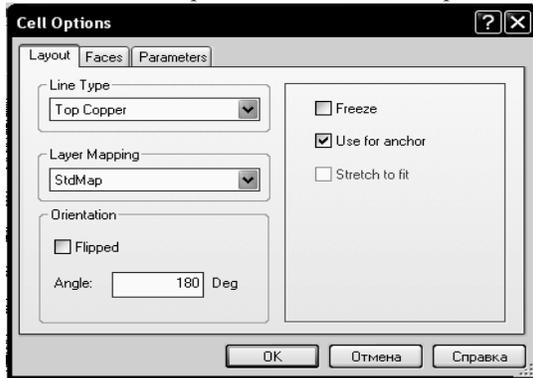


Рис. 4.17

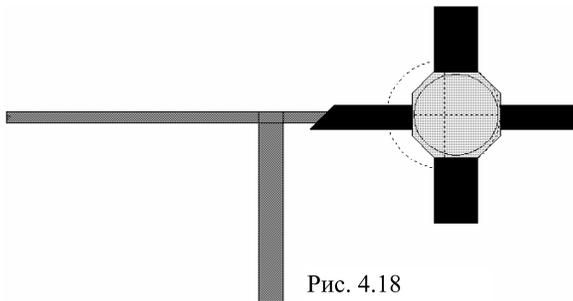


Рис. 4.18

закрепления, как показано на рис. 4.18.

Чтобы закрепить элемент топологии:

1. В окне топологии схемы щёлкните левой кнопкой мышки по топологическому элементу **Alpha_212_3**, чтобы выделить его. Затем щёлкните по этому элементу правой кнопкой мышки и выберите **Shape Properties** (Свойства формы). Откроется диалоговое окно **Cell Options** (рис. 4.17).
2. На вкладке **Layout** этого окна отметьте **Use for Anchor** и нажмите **OK**.

Элемент топологии теперь закреплён и отображается в топологии с символом

Черчение топологического чертежа элемента топологии.

Чтобы создать топологический чертёж элемента топологии:

1. Щёлкните левой кнопкой мышки по панели **Layout** в нижней части левого окна, чтобы активизировать менеджер топологии.
2. Щёлкните правой кнопкой мышки по подгруппе **packages** (многослойные структуры) в группе **Cell Libraries** (Библиотеки элементов) и выберите **New Layout Cell** (Новый элемент

топологии) во всплывающем меню. Откроется диалоговое окно **Create New Layout Cell** (Создание нового элемента топологии).

- Введите **chip cap** (чип конденсатора) в поле **Enter the name of the cell** (Ввод имени элемента) и нажмите **OK**. На рабочем поле откроется окно для черчения.

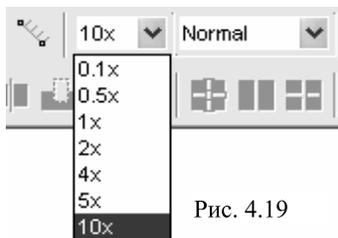


Рис. 4.19

- Щёлкните мышкой по кнопке в правом конце поля ввода **Grid Spacing** на панели инструментов и введите в это поле множитель **10x** (рис. 4.19). Этот множитель определяет размер клеток сетки. По умолчанию при выбранной системе единиц измерения длины он равен 0.1 mil. Множитель 10x увеличивает размер клеток сетки в 10 раз, т.е. он будет равен 1 mil. Если этого поля на панели инструментов нет, щёлкните правой кнопкой мышки по панели инструментов и отметьте **Cell Edit**.

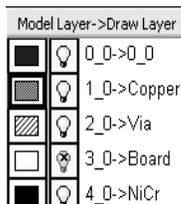


Рис. 4.20

- Щёлкните левой кнопкой мышки по квадрату **0->Copper** (Медь) в нижней части окна менеджера, чтобы назначить медь для активного слоя, как показано на рис. 4.20 (не щёлкайте по лампочке, т.к. такой щелчок определяет слой для показа или скрытия).

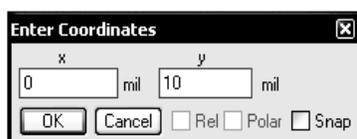


Рис. 4.21

- Щёлкните левой кнопкой мышки по окну черчения на рабочем поле, чтобы сделать его активным.

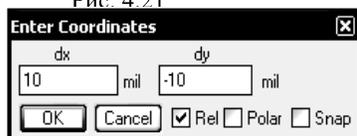


Рис. 4.22

- Выберите в меню **Draw>Rectangle** (Чертить>Прямоугольник) или щёлкните по значку **Rectangle** на панели инструментов.

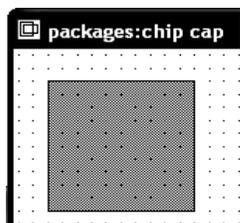


Рис. 4.23

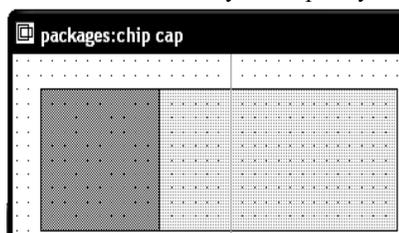


Рис. 4.24

- Переместите курсор в окно черчения, затем нажмите клавишу **Tab** на клавиатуре. Откроется диалоговое окно **Enter Coordinates** (Ввод координат, рис. 4.21).

- Введите значения **0** и **10** в поля **x** и **y** соответственно и нажмите **OK**.

- Нажмите клавишу **Tab** снова, чтобы открыть диалоговое окно **Enter Coordinates** (рис. 4.22).

- Введите значения **10** и **-10** в поля **dx** и **dy** соответственно и нажмите **OK**. Полученный рисунок показан на рис. 4.23.

- Щёлкните левой кнопкой мышки по квадрату **0->Footprint** (Контур) в нижней части окна менеджера, чтобы создать пустой прямоугольник на плате.

- Выберите в меню **Draw>Rectangle** или щёлкните по значку **Rectangle** на панели инструментов.

- Переместите курсор в окно черчения, затем нажмите клавишу **Tab** на клавиатуре. Откроется диалоговое окно **Enter**

Coordinates.

- Введите значения **10** и **10** в поля **x** и **y** соответственно и нажмите **OK**.

- Нажмите клавишу **Tab** снова, чтобы открыть диалоговое окно **Enter Coordinates**.

- Введите значения **20** и **-10** в поля **dx** и **dy** соответственно и нажмите **OK**. Полученный чертёж показан на рис. 4.24.

- Щёлкните левой кнопкой мышки по

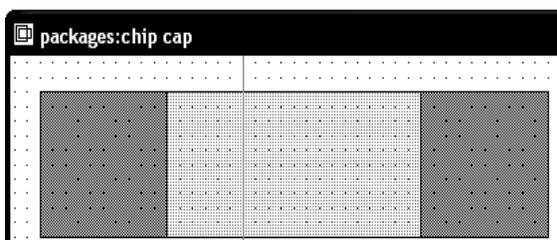


Рис. 4.25

левому медному квадрату в окне рисунка и нажмите клавиши **Ctrl+C** и затем **Ctrl+V** или щёлкните левой кнопкой мышки по значку **Copy** и затем по значку **Paste** на панели инструментов, чтобы скопировать и вставить прямоугольный проводник. Нажмите левой кнопкой мышки на скопированный проводник и, не отпуская кнопки мышки, переместите его к правому краю последнего прямоугольника топологии и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать. Полученная топология показана на рис. 4.25.

Добавление портов к созданному элементу топологии.

Порты в элементе топологии определяют грани, по которым данный элемент соединяется с другими топологическими элементами. Направление стрелки порта показывает направление, по которому происходит соединение топологического элемента с соседними топологическими элементами.

Чтобы добавить порты к созданному элементу топологии:

1. Выберите в меню **Draw>Cell Port** (Чертить>Порт элемента) или щёлкните левой кнопкой мышки по значку **Cell Port** на панели инструментов.

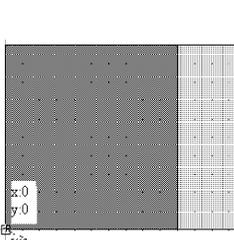


Рис. 4.26

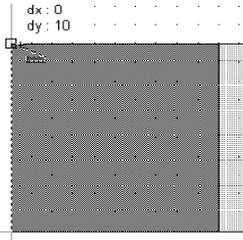


Рис. 4.27

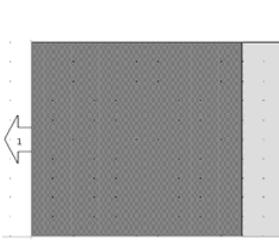


Рис. 4.28

2. Переместите курсор в окно черчения. Нажав и удерживая клавишу **Ctrl**, поместите курсор на нижний левый угол левого квадратного проводника так, чтобы неболь-

шой квадратик появился на этом углу. Не отпускайте клавишу **Ctrl**.

3. Не отпуская клавишу **Ctrl**, нажмите левую кнопку мышки (соответствующее изображение показано на рис. 4.26) и, не отпуская её, двигайте курсор к верхнему левому углу проводника, пока другой квадрат не появится на этом углу (рис. 4.27). Отпустите кнопку мышки и клавишу **Ctrl**. Добавленный порт показан на рис. 4.28.

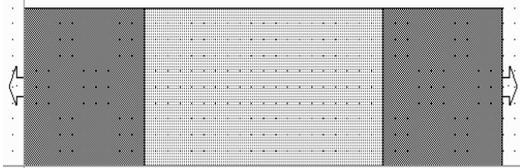


Рис. 4.29

4. Повторите шаги с 1-го по 3-ий, чтобы поместить порт на противоположной стороне рисунка, но начните с верхнего правого угла и двигайте курсор к правому нижнему углу.
5. Закройте окно черчения. Будет выведен запрос, хотите ли вы сохранить нарисованный элемент. Нажмите **Yes**, чтобы сохранить. Полученная топология показана на рис. 4.29.

Добавление в схему конденсатора и назначение ему элемента топологии **chip cap**.

Чтобы добавить в схему конденсатор и назначить ему элемент топологии **chip cap**:

1. В окне схемы установите курсор на входной порт, нажмите и удерживайте клавишу **Ctrl**, нажмите левую кнопку мышки и, не отпуская её, переместите порт на свободное место в схеме, прервав его связь со схемой.
2. Нажмите панель **Elements** в нижней части левого окна, чтобы открыть окно просмотра элементов.

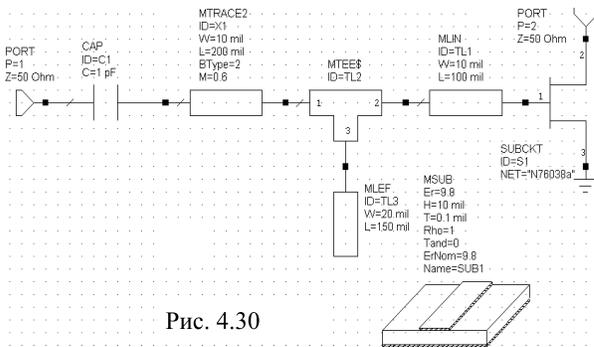


Рис. 4.30

элементов.

3. Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по группе **Lumped Element** (Сосредоточенные элементы), чтобы раскрыть её, затем щёлкните левой кнопкой мышки по подгруппе **Capacitor** (Конденсаторы), чтобы отобразить элементы конденсаторов в нижней части левого окна.

4. Нажмите левой кнопкой мышки на элемент **CAP** и, не отпуская кнопки мышки, перетащите его в окно схемы, отпустите кнопку мышки, подключите элемент **CAP** к левому узлу элемента **MTRACE** и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать.

5. Установите курсор на входной порт, нажмите левую кнопку мышки и подключите порт ко входу схемы. Должна получиться схема, показанная на рис. 4.30.

6. Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по элементу **CAP** в окне схемы. Откроется окно **Element Options** (Опции элемента).

7. Нажмите на кнопку **Layout** в верхней части этого окна.

8. В поле **Library Name** введите **packages** и в списке элементов отметьте **chip cap** (рис. 4.31). Нажмите **OK**.

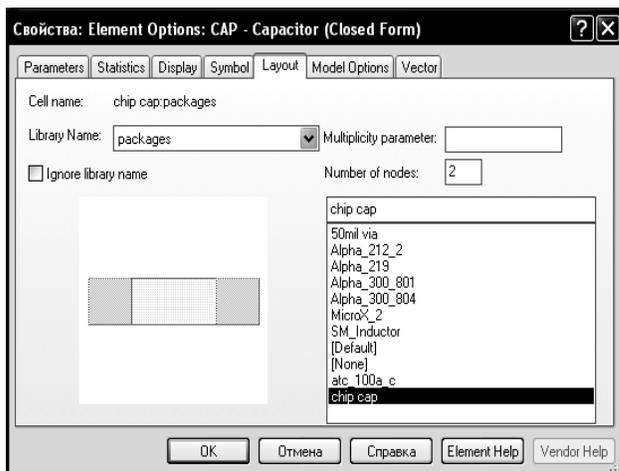


Рис. 4.31

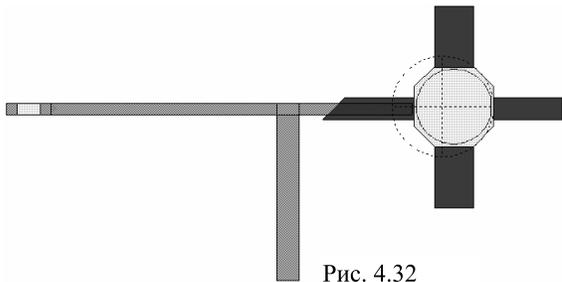


Рис. 4.32

Together на панели инструментов.

Трассировка элемента MTRACE2 в окне топологии.

Элемент **MLIN** – это прямоугольный элемент, чья ширина задаётся и может изменяться в топологии, но редактировать форму этого элемента (например, делать изгибы) нельзя. Элемент **MTRACE2** – это элемент, топология которого может быть отредактирована, чтобы иметь изгибы со скошенными краями. Элемент **MTRACE** – это элемент, топология которого может быть отредактирована, чтобы иметь изгибы со скруглёнными краями.

Чтобы выполнить трассировку топологии элемента **MTRACE2**:

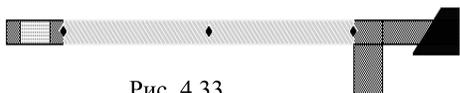


Рис. 4.33

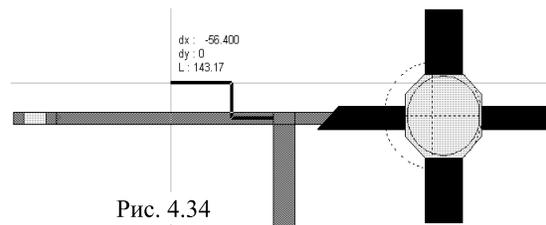


Рис. 4.34

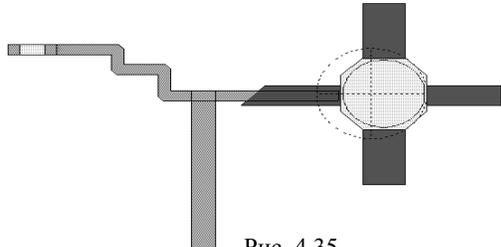


Рис. 4.35

должным образом, о чём говорит наличие красных линий на топологии, выберите в меню **Edit>Select All** и затем щёлкните по значку **Snap Together** на панели инструментов.

9. Выберите в меню **View>View Layout** (Показать>Показать топологию) или щёлкните по кнопке **New Schematic Layout View** на панели инструментов. Новая топология будет отображена на рабочем поле (рис. 4.32).

10. Если топологические элементы не соединены должным образом, о чём говорит наличие красных линий на топологии, выберите в меню **Edit>Select All** и затем щёлкните по значку **Snap**

1. Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по элементу топологии **MTRACE2**. На проводнике появятся синие ромбики, как показано на рис. 4.33.

2. Поместите курсор на крайний правый ромбик так, чтобы он отображался в виде двойной стрелки. Дважды щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы активизировать инструмент трассировки.

3. Переместите курсор, не нажимая кнопки мышки, в желательную точку и щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы зафиксировать (рис. 4.34). (Щелчок правой кнопкой мышки удалит последнюю точку трассировки, нажатие клавиши **Esc** отменяет процесс трассировки).

4. Продолжайте двигать инструмент трассировки к точкам нужного маршрута, щёлкая левой кнопкой мышки, чтобы фиксировать точки изгиба, затем дважды щёлкните левой кнопкой мышки, чтобы закончить трассировку. Пример полученной топологии показан на рис. 4.35.

5. Если топологические элементы не соединены должным образом, о чём говорит наличие красных линий на топологии, выберите в меню **Edit>Select All** и затем щёлкните по значку **Snap Together** на панели инструментов.

Опции привязки элементов топологии.

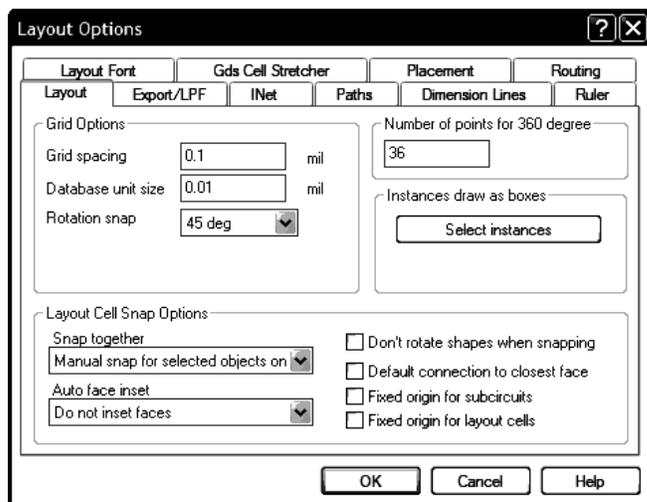


Рис. 4.36

Опции привязки определяют соединения элементов топологии в различных конфигурациях. Эти опции вы можете установить в диалоговом окне **Layout Options**.

1. Выберите в меню **Options>Layout Options**. Откроется диалоговое окно **Layout Options** (рис. 4.36).

2. На вкладке **Layout** этого окна в области **Layout Cell Snap Options** (Опции привязки элементов топологии) в поле **Snap together** (Привязать вместе) введите **Manual snap for selected objects only** (Привязка вручную только для выделенных объектов), щёлкнув по кнопке в конце этого поля. Нажмите **OK**.

3. Чтобы просмотреть действие этой установленной опции, изменим положение некоторых элементов топологии. Установите курсор на элемент топологии, соответствующий элементу схемы **MLEF**, нажмите левую кнопку мышки и переместите этот элемент, как показано на рис. 4.37.
4. Повторите п. 3 для элементов **MTRACE2** и конденсатора **chip cap**, как показано на рис 4.38. Красные линии показывают, что грани этих элементов не соединены.

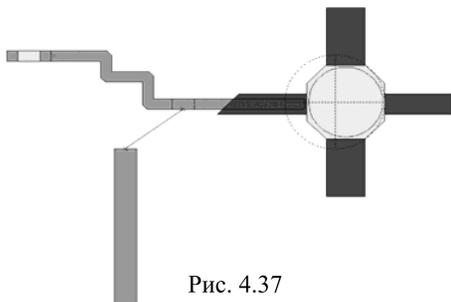


Рис. 4.37

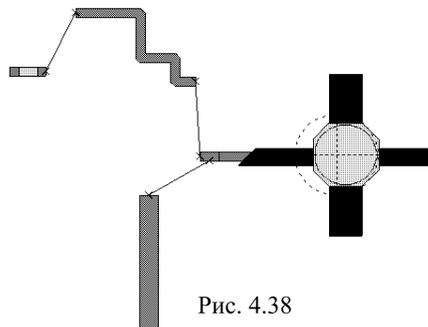


Рис. 4.38

5. Чтобы соединит элементы, нажмите клавишу **Shift** и щёлкните мышкой по элементам **MLEF**, **MTRACE2** и **MTEES** в окне топологии.
6. Щёлкните мышкой по значку **Snap Together** на панели инструментов. Результат показан на рис. 4.39. Заметьте, что не все элементы топологии соединены вместе.
7. Нажмите клавиши **Ctrl+A**, чтобы выделить всю топологию.
8. Щёлкните мышкой по значку **Snap Together** на панели инструментов. Вся топология будет соединена (рис. 4.40).

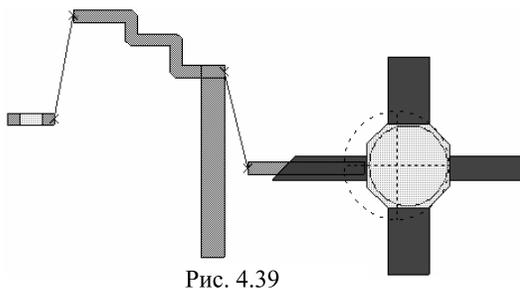


Рис. 4.39

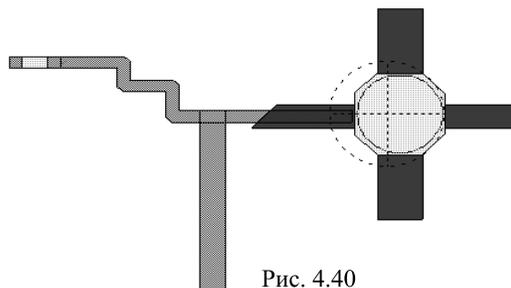


Рис. 4.40

Если элемент конденсатора не соединён с элементом **MTRACE2**, их можно соединить и другим способом, используя команду **snap tu fit** (подогнать привязку). При выполнении этой команды изменяется маршрут элемента **MTRACE2**, чтобы обеспечить соединение, вместо того, чтобы переместить элемент конденсатора, как в предыдущем случае. Это может выглядеть следующим образом.

1. Установите курсор на элемент конденсатора, нажмите левую кнопку мышки и переместите этот элемент, как показано на рис. 4.41.
2. Щёлкните мышкой по элементу топологии **MTRACE2**, чтобы выделить его.
3. Щёлкните мышкой по значку **Snap to fit**  на панели инструментов. Результат показан на рис. 4.42.

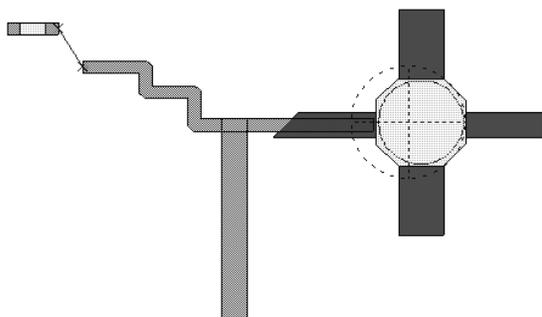


Рис. 4.41

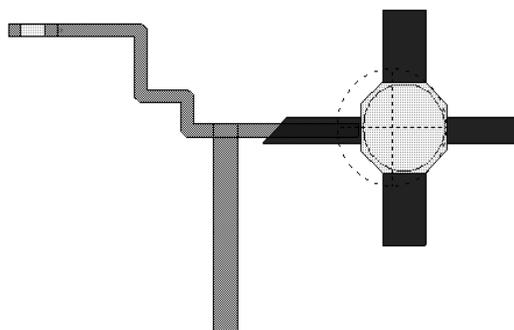


Рис. 4.42

Экспорт топологии.

Чтобы экспортировать топологию:

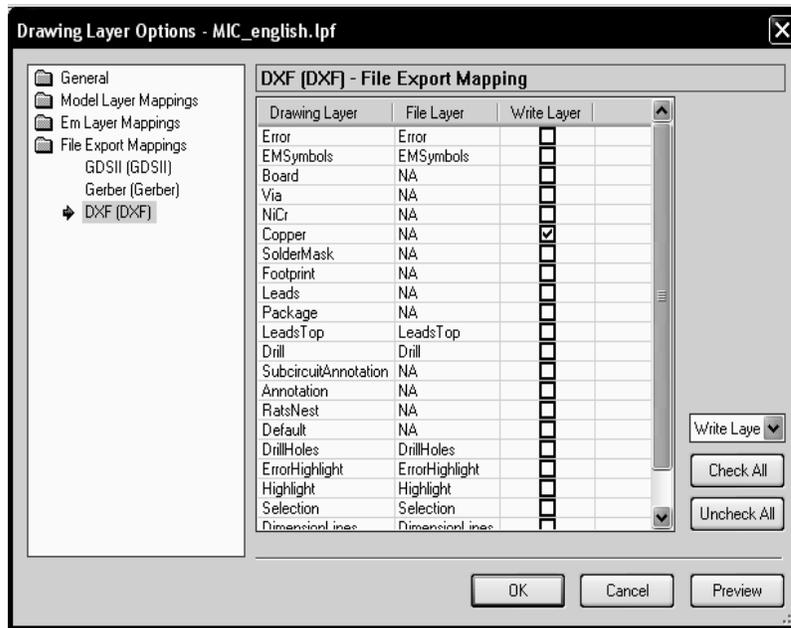


Рис. 4.43

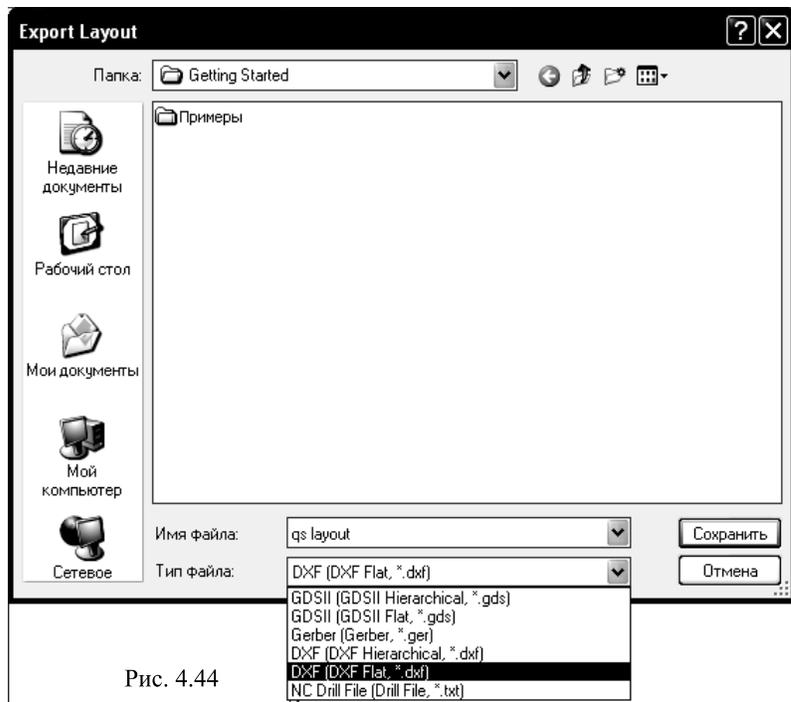


Рис. 4.44

1. Выберите в меню **Options>Drawing Layers** (Опции>Слой черчения), чтобы определить слои, которые надо экспортировать в файл. Откроется диалоговое окно **Drawing Layer Options** (Опции слоя черчения).

2. В левой части окна щёлкните мышкой по **File Export Mappings** (Соответствие файла экспорта) и отметьте **DXF**. В столбце **Write Layer** (Записать слой) отметьте **Copper** (Медь) и снимите все остальные “галочки” (рис. 4.43). Нажмите **OK**.

3. Выберите в меню **Layout>Export** (Топология>Экспорт). Откроется диалоговое окно **Export Layout** (рис.4.44).

4. В поле **Тип файла** введите **DXF (Flat*.dxf)**, щёлкнув левой кнопкой мышки по кнопке в правом конце этого поля.

5. В поле **Имя файла** введите **qs Layer** и нажмите **Сохранить**, чтобы экспортировать слой меди в файл **DXF**.

На этом пример моделирования топологии закончен. При желании вы можете сохранить свою работу, выбрав в меню **File>Save Project**.

5. Электромагнитное моделирование

Электромагнитное моделирование (EM) использует уравнения Максвелла для определения характеристик устройства по его заданной физической геометрии. С помощью электромагнитного моделирования можно анализировать произвольные структуры и обеспечивать очень точные результаты. Кроме того, электромагнитное моделирование свободно от ограничений, имеющихся в моделях электрических цепей, т.к. использует фундаментальные уравнения для вычисления характеристик. Недостатком такого моделирования является то, что, в зависимости от сложности структуры, увеличивается необходимый объём оперативной памяти и увеличивается время моделирования по экспоненте. Поэтому важно минимизировать сложность структуры, чтобы время моделирования было приемлемым, а требуемый объём оперативной памяти не превышал имеющийся на компьютере.

Электромагнитное и схемотехническое моделирования – это дополняющие друг друга методы для проектирования интегральных схем. Используя комбинации этих методов, можно решить многие проблемы проекта.

Microwave Office поддерживает интеграцию многих решающих устройств электромагнитного моделирования других программных продуктов через интерфейс “EM Socked” (“Канал электромагнитного моделирования”). Для этого соответствующее программное обеспечение должно поддерживать этот интерфейс. Например, одним из таких решающих устройств является последняя версия Sonnet. Приведённые здесь примеры используют только собственное решающее устройство EMSight.

Блок электромагнитного моделирования EMSight в Microwave Office, способен моделировать планарные трёхмерные структуры, содержащие множество металлических и диэлектрических слоёв. Структуры могут иметь межслойные переходы или заземления. EMSight использует метод моментов Галёркина в спектральной области, который является чрезвычайно точным для анализа полосковых, микрополосковых, компланарных, а также других произвольных структур. Используемая должным образом, эта методика может обеспечивать точные результаты моделирования до 100 ГГц и выше.

В 7-ой версии AWR Design Environment (AWRDE) интерфейс пользователя для электромагнитных структур значительно изменился. Прежний редактор EM Layer Editor удалён и вместо него используется редактор для топологии схем Layout Editor. В новый редактор внесены существенные изменения:

- Метод выбора слоя при редактировании проводников и/или перемычек изменился.
- Просмотр ячеек сетки, токов и E-полей для электромагнитной структуры изменился и выполняется через добавление аннотации к электромагнитной структуре.
- Все проекты из более ранних версий, которые содержат электромагнитные структуры, преобразуются к новой электромагнитной структуре.

Следующие примеры показывают некоторые из основных особенностей электромагнитного моделирования в Microwave Office.

5.1. Моделирование встречноштыревого микрополоскового фильтра

Этот пример показывает, как использовать электромагнитное моделирование в Microwave Office для проектирования встречноштыревого микрополоскового фильтра. Такое моделирование включает следующие основные шаги:

- Создание электромагнитной структуры;
- Определение корпуса;
- Создание топологии;
- Моделирование межслойных переходов;
- Просмотр структуры в трёхмерном изображении;
- Определение портов и установка референсных плоскостей;
- Конфигурирование структуры сетки;
- Просмотр плотности тока и электрических полей;
- Выполнение усовершенствованной развёртки частоты (AFS – Advanced Frequency Sweep).
- Добавление электромагнитной структуры в схему и анализ.

Создание нового проекта.

Чтобы создать новый проект:

1. Выберите в меню **File>New Project** (Файл > Новый проект).
2. Выберите в меню **File>Save Project As** (Файл > Сохранить проект как. Откроется диалоговое окно **Save As**).
3. Наберите имя проекта (например, **EM-example**) и нажмите **Сохранить**.

Импорт файла обработки слоя LPF (Layer Process File).

1. Выберите в меню **Project>Process Library>Import LPF**. Откроется окно **Import Process Definition**.
2. Откройте корневой каталог программы (по умолчанию C:\Program Files\AWR\AWR2007).

3. Выберите **Blank.lpf** и нажмите **Открыть**, затем в следующем открывшемся окне нажмите **Да**, чтобы заменить существующий LPF.

Создание электромагнитной структуры.

Чтобы создать новую электромагнитную структуру:

1. Выберите в меню **Project>Add EM Structure>New EM Structure** или щёлкните левой

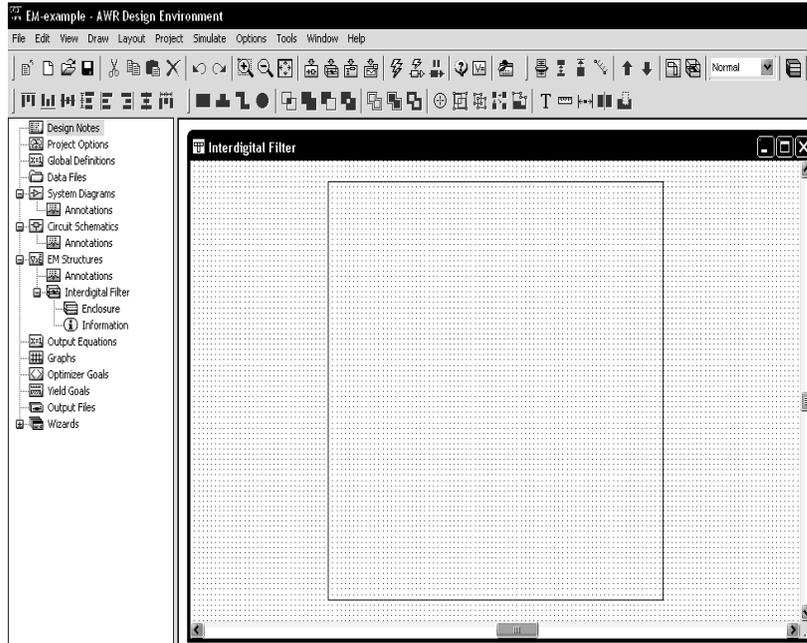


Рис. 5.1

кнопкой мышки по значку **New EM Structure** на панели инструментов.

2. Наберите **Interdigital Filter** (Встречноштыревой фильтр) в поле **Enter a name for the EM Structure** (Ввод имени для электромагнитной структуры), отметьте **AWR EMSight Simulator** и нажмите **Create**. На рабочем поле откроется окно электромагнитной структуры (рис. 5.1).

Примечание. EMSight использует прямоугольную сетку для представления структуры. Для проекта лучше использовать по возможности более грубую сетку, поскольку это уменьшает время моделирования. Здесь нужно искать компромисс между временем моделирования и точностью.

Определение корпуса.

При определении корпуса задаются все диэлектрические материалы для каждого из слоёв в электромагнитной структуре, краевые условия, все физические размеры структуры и размер сетки, который будет использоваться.

Чтобы определить корпус:

1. Выберите в меню **Options>Project Options** или дважды щёлкните мышкой по **Project Options** в левом окне просмотра проекта. Откроется диалоговое окно **Project Options**.
2. На вкладке **Global Units** этого окна в поле **Frequency** введите **GHz**, в поле **Length type** введите **mm** и нажмите **OK**.
3. Выберите в меню **Options>Layout Options**. Откроется диалоговое окно **Layout Options**.

На вкладке **Layout** этого окна в области **Grid Options** (Опции сетки) в поле **Grid Spacing** (Интервалы сетки) введите **1 mm**, в поле **Database unit size** введите **0.01 mm** и нажмите **OK**.

4. Дважды щёлкните левой кнопкой мышки по подгруппе **Enclosure** (Корпус) в дереве стержневого фильтра **Interdigital Filter** (в группе **EM Structures**) в окне просмотра проекта (см. рис. 5.1) или щёлкните левой кнопкой мышки по значку **Substrate Information** (Информация о подложке) на панели инструментов. Откроется диалоговое окно свойств электромагнитной структуры.

5. На вкладке **Enclosure** открывшегося окна (рис. 5.2) в поля **X_Dim** и **Y_Dim** введите **12**, в поля **Grid_X** и **Grid_Y** введите **0.2**.

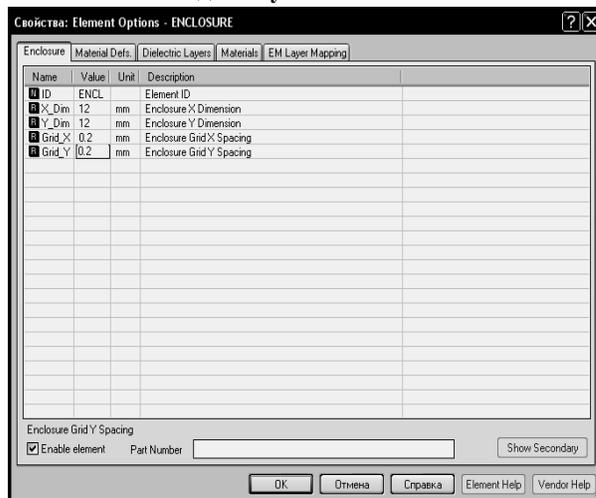


Рис. 5.2

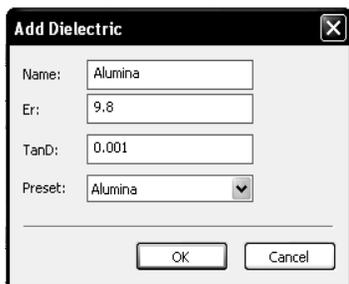


Рис. 5.3

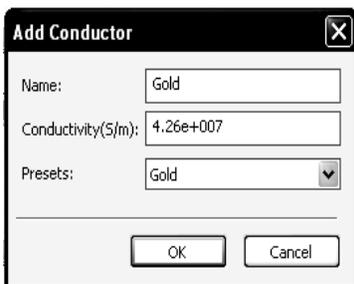


Рис. 5.4

конец этого поля. В поле **Er** введите **9.8**, в поле **TanD** введите **0.001**, нажмите **OK**.

7. Щёлкните мышкой по кнопке **Add** для **Conductor Definitions**, чтобы добавить материал проводника. Откроется дополнительное диалоговое окно **Add Conductor** (рис. 5.4). В поле **Presets** введите **Gold**, остальные поля этого окна заполнятся автоматически. Нажмите **OK**. Вкладка **Material** окна свойств электромагнитной структуры должна выглядеть, как показано на рис. 5.5.

6. На вкладке **Material Defs** щёлкните мышкой по кнопке **Add** для **Dielectric Definitions**, чтобы добавить материал диэлектрика. Откроется дополнительное диалоговое окно **Add Dielectric** (рис. 5.3). В поле **Preset** (Предварительная установка) введите **Alumina**, щёлкнув мышкой по кнопке в правом

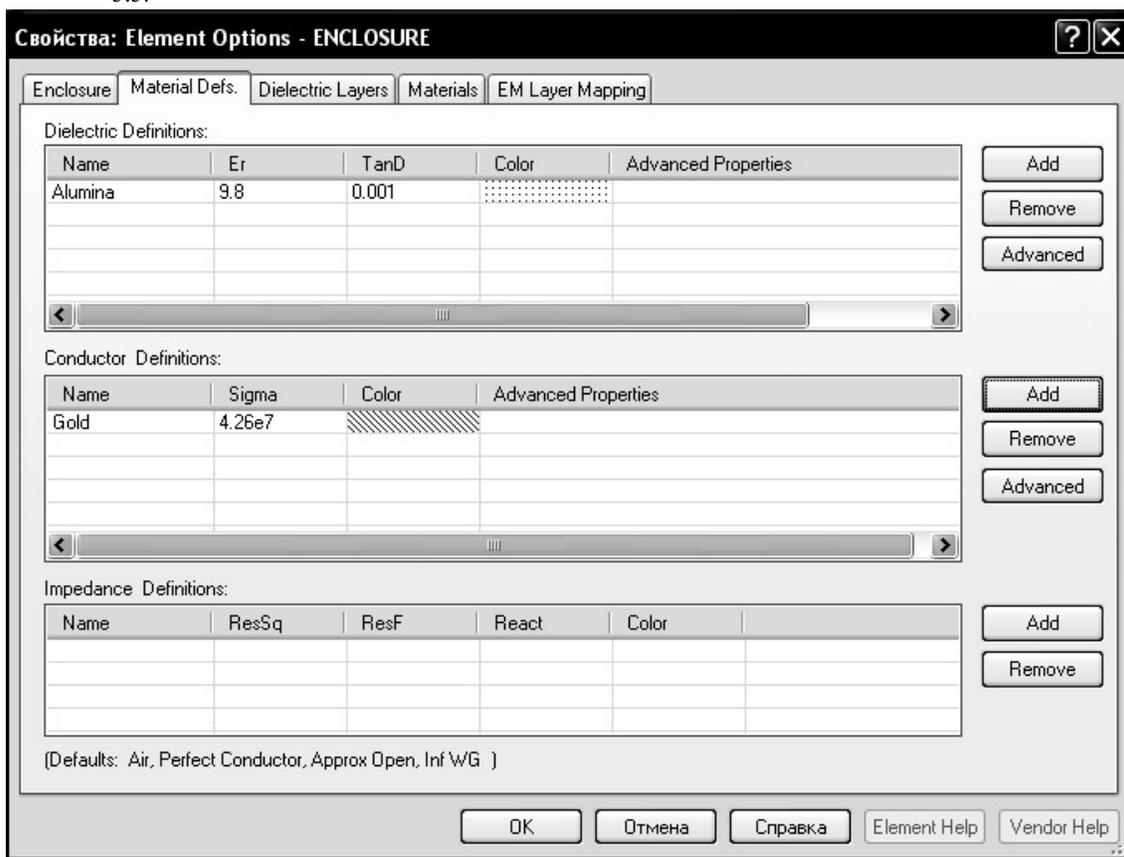


Рис. 5.5

8. На вкладке **Dielectric Layers** (Диэлектрические слои) для слоя **1** в колонке **Thickness** (Толщина) введите **5**, в колонке **Material Definition** введите **Air** (Воздух), щёлкнув левой кнопкой мышки по этому полю, в колонке **Draw Scale** (Масштаб черчения) введите **1**. Для слоя **2** в колонке **Thickness** введите **0.636**, в колонке **Material Definition** введите **Alumina**, щёлкнув левой кнопкой мышки по этому полю, в колонке **Draw Scale** (Масштаб черчения) введите **4**, чтобы удобнее было просматривать трёхмерное отображение электромагнитной структуры. Вкладка **Dielectric Layers** должна выглядеть, как показано на рис. 5.6.

Примечание. Граничные условия для боковых стенок корпуса в электромагнитной структуре всегда идеальные и не могут быть изменены. Верхняя и нижняя стенки корпуса также являются идеальными проводниками по умолчанию, но они могут быть изменены на вкладке **Dielectric Layers** выбором материала в полях **Top Boundary** (Верхняя граница) и **Bottom Boundary** (Нижняя граница). В этом примере используются значения по умолчанию.

9. На вкладке **Materials** определяются материалы для проводников и межслойных перемычек. Щёлкните мышкой по кнопке **Insert** на этой вкладке. В столбце **Name** замените появив-

шеся имя **Trace1** на **Gold Line**, в столбце **Material Definition** введите **Gold**, щёлкнув мышкой по этому полю, в столбце **Thickness** введите **0.001** (рис. 5.7).

10. Нажмите **OK**.

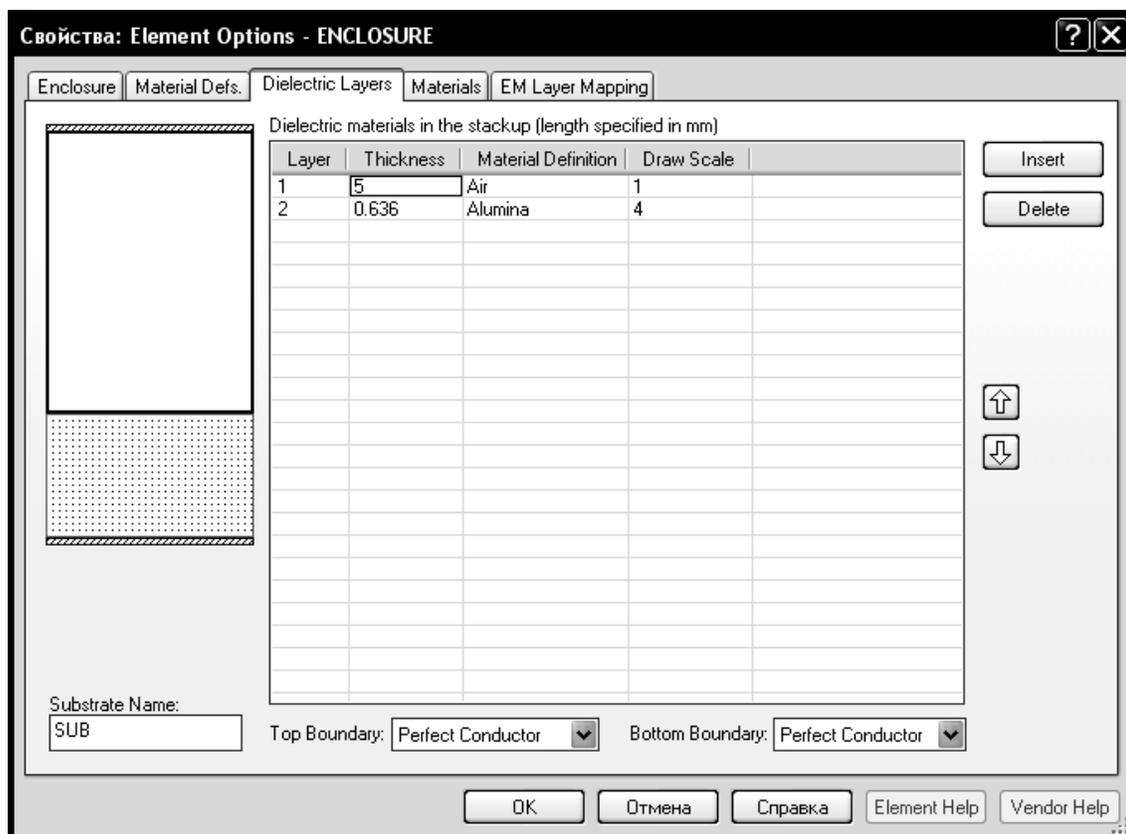


Рис. 5.6

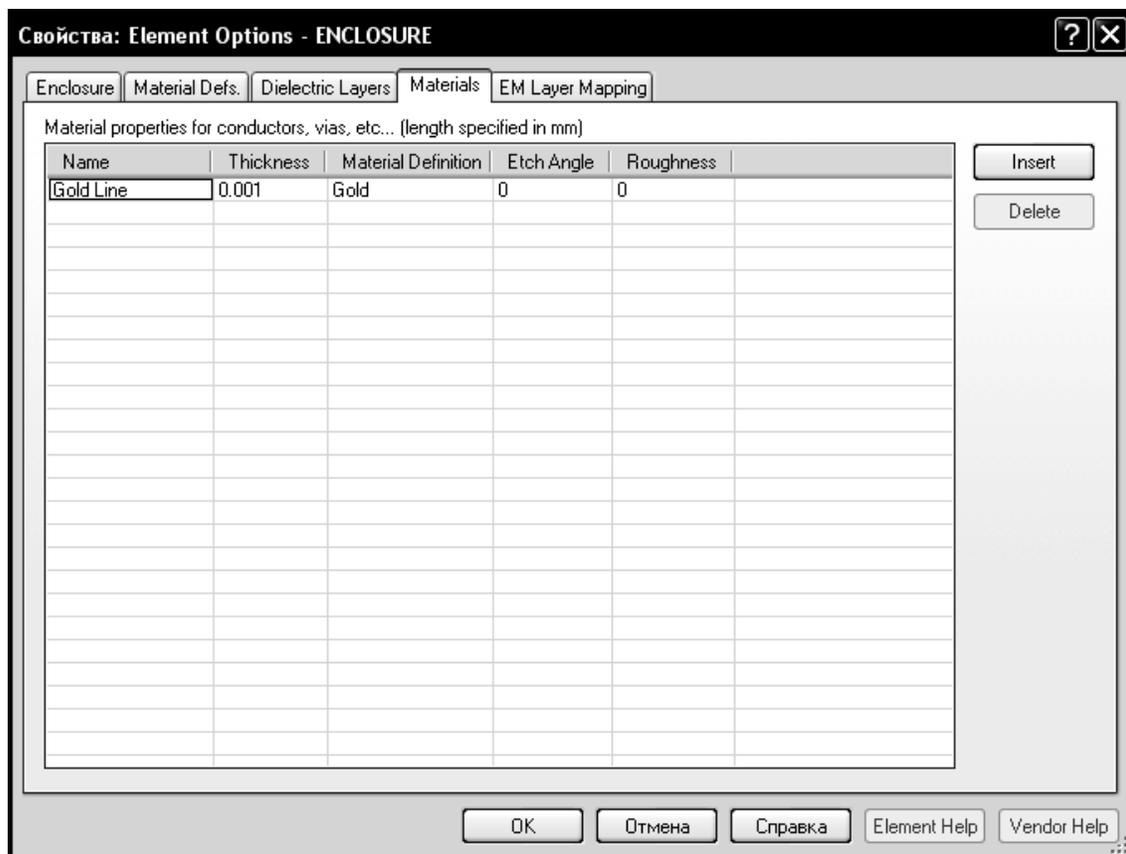


Рис. 5.7