

# Маршрут проектирования Mentor Graphics Expedition Enterprise 7.9.4 — создание областей металлизации

**Для большинства разрабатываемых многослойных печатных плат характерно наличие внутренних полностью или частично металлизированных слоев, используемых, как правило, для подвода питания, и отдельных областей металлизации на сигнальных слоях, используемых в основном для экранирования. В статье рассматриваются возможности редактора Expedition PCB программы Expedition Enterprise по работе с областями металлизации.**

Татьяна Колесникова

## Введение

Области металлизации — это поверхности печатной платы, заполненные металлом и обычно связанные с цепью питания или «земли». В одной топологии печатной платы может быть несколько областей металлизации, которые создаются после размещения компонентов на плате и трассировки. Контактные площадки и сквозные отверстия, которые ассоциированы с цепью области металлизации, подключаются автоматически к этой области с помощью тепловых контактов. Неассоциированные площадки и отверстия автоматически изолируются от области металлизации за счет зазоров.

Существует два вида областей металлизации: негативные и позитивные. Негативные обрабатываются таким образом, что изображение фотопечати отображает отсутствие меди при производстве. Изображение фотопечати позитивных областей металлизации отображает реальные области меди. На сигнальных слоях необходимо использовать позитивные области металлизации. На плате области металлизации могут располагаться и на внутренних, и на внешних слоях. Слой платы может быть как выделенным слоем области металлизации, ассоциированным с одной цепью, так и трассированным сигнальным слоем, содержащим несколько областей металлизации.

## Создание областей металлизации

### Создание контура области металлизации

Создание области металлизации начинается с разработки контура области в выбранном печатном слое. Для этого необходимо в редакторе Expedition PCB в меню **Edit/Place** выбрать команду **Plane Shape**. Контур области металлизации создается в режиме рисования **Draw Mode**. Задать режим рисования можно посредством выбора иконки **Draw Mode** на панели инструментов **Standard** редактора Expedition PCB.

В результате выбора команды **Plane Shape** открывается диалоговое окно **Properties** (рис. 1). Контур об-

ласти металлизации может быть определен вручную при помощи мыши (при этом окно **Properties** можно не закрывать) или посредством ввода абсолютных координат точек вершин контура в поле **Vertices** окна **Properties**.

При рисовании контура области металлизации вручную можно использовать инструменты панели инструментов **Draw**:

- **Add Polygon** — добавить многоугольник;
- **Add Rectangle** — добавить прямоугольник;
- **Add Circle** — добавить окружность.

Поле **Vertices** окна **Properties** представляет собой таблицу, в первой колонке которой находятся номера вершин контура области металлизации. Следующие две колонки содержат координаты X и Y этих вершин. Координаты в эту таблицу можно вводить вручную. Для задания координат первой точки контура необходимо ввести в первой строке в пустых ячейках колонок X и Y нужные значения (значения могут быть как положительными, так и отрицательными), после чего нажать на клавиатуре клавишу **Enter**. В результате в таблице появится новая пустая строка, в которой можно продолжить ввод значений уже для следующей вершины. Ввод значений будет закончен, после того как многоугольник контура замкнется.

Над таблицей **Vertices** находятся поля:

- **Line width** — ширина линии;
- **Line style** — стиль линии;
- **Vertex type** — тип излома.

Поле **Vertex type** может принимать следующие значения:

- **Corner** — угол;
- **Round** — скругление;
- **Chamfer** — фаска.

Для каждого из этих параметров есть возможность задавать угол скоса или радиус скругления.

Под таблицей **Vertices** находятся три поля:

- **Origin X** — начальная координата X;
- **Origin Y** — начальная координата Y;
- **Grow/Shrink** — изменение размера существующей границы.

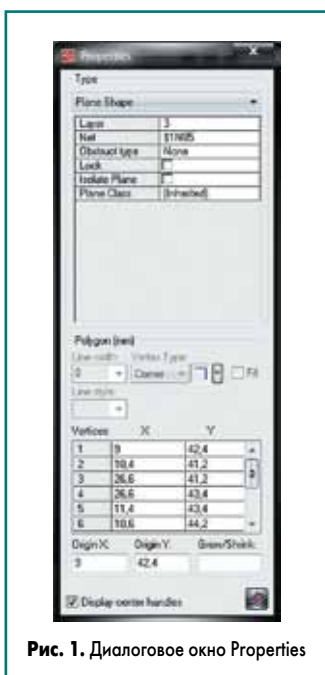


Рис. 1. Диалоговое окно Properties



Рис. 2. Способы термального подключения переходных отверстий

Поле **Grow/Shrink** позволяет равномерно увеличивать (Grow) или уменьшать (Shrink) контур на заданную величину в зависимости от того, положительная эта величина или отрицательная.

В поле **Type**, которое находится в верхней части окна **Properties**, из выпадающего меню выбирается тип контура. Ниже выпадающего меню находятся шесть полей атрибутов создаваемой области металлизации:

- **Layer** — назначенный слой: контур области металлизации должен быть назначен в физический слой.
- **Net** — назначенная цепь: контуру области металлизации должна быть назначена цепь. Также поле может принимать значение **Shield Area**. Это значение используется в том случае, если есть необходимость создать область металлизации, но не связывать ее с какой-либо цепью.
- **Obstruct type** — включение запрета — может принимать следующие значения:
  - None — нет запрета;
  - Trace — запрет трассировки;
  - Via — запрет переходных отверстий;
  - Trace & Via — запрет трассировки и переходных отверстий.
- **Lock** — фиксация области металлизации.
- **Isolate Plane** — изоляция области металлизации.
- **Plane Class** — класс области металлизации: в этом поле можно назначить уже созданный класс области металлизации для нового контура. Создание классов областей металлизации производится в диалоге **Plane Classes and Parameters**, который можно вызвать, нажав на одноименную иконку на панели инструментов Route в режиме трассировки Route Mode.

После того как мы ознакомились с интерфейсом диалогового окна **Properties**, можно начинать создание контура области металлизации. Процесс создания контура области металлизации можно разбить на шесть этапов:

1. Открытие окна **Properties** при помощи команды меню **Edit/Place/Plane Shape**.
2. Выбор значения **Plane Shape** в поле **Type** и определение атрибутов области металлизации.
3. Определение ширины линии рисования в поле **Line width**.
4. Определение типа излома углов контура в поле **Vertex type**, ввод угла скоса или радиуса скругления.
5. Определение контура области металлизации посредством ввода координат точек вершин

контура в таблице Vertices или вручную в рабочем поле редактора Expedition PCB при помощи инструментов Add Polygon, Add Rectangle и Add Circle.

6. Сохранение проделанной работы при помощи команды меню **File/Save**.

Аналогичным образом, но при помощи команды **Edit/Place/Plane Obstruct** редактора Expedition PCB создается контур запрета области металлизации.

#### Редактирование контура области металлизации

Контур области металлизации (Plane Shape) — это рисованный объект, который можно изменять. Изменения контура области металлизации проводятся в режиме рисования (Draw Mode), который специально предназначен для рисования и редактирования графических элементов. Перед внесением изменений контур необходимо выделить с помощью левой кнопки мыши, после чего станут активными следующие инструменты панели инструментов Draw, которые можно применить для редактирования:

- **Flip Horizontal** — горизонтальное отзеркаливание;
- **Flip Vertical** — вертикальное отзеркаливание;
- **Rotate** — поворот;
- **Move** — перемещение;
- **Copy** — копирование;
- **Scale** — масштабирование с заданным коэффициентом;
- **Snap to Grid** — привязка к сетке рисования;
- **Bring Forward** — переместить на передний план;
- **Send Backward** — переместить на задний план;
- **Merge** — объединение областей металлизации;
- **Subtract** — вычитание областей металлизации;
- **Delete End Point Handle** — удаление конечной точки контура.

Также редактирование контура можно проводить путем перемещения, добавления и удаления его вершин. В вершинах можно применять скругления или скосы. Подобным образом можно редактировать и контур запрета области металлизации (Plane Obstruct).

#### Заливка области металлизации

Настройку параметров заливки областей металлизации проводят при помощи команды основного меню **Planes/Plane Classes**

**Parameters...** или же нажатием на одноименную иконку на панели инструментов Route, в результате чего откроется окно **Plane Classes and Parameters**. В верхней части окна находится поле **Plane Class**, в котором можно задать класс области металлизации из уже существующих классов, создать новый класс при помощи кнопки **New Plane Class** или удалить уже существующий класс при помощи кнопки **Delete Plane Class**.

Окно **Plane Classes and Parameters** разделено на три вкладки:

- **Thermal Definition** — определение термального подключения;
- **Clearances/Discard/Negative** — определение параметров области металлизации;
- **Hatch Options** — опции штриховки.

Рассмотрим интерфейс вкладки **Thermal Definition**. В верхней части вкладки находятся два чекбокса **Use thermal definition from padstack** («Использование установок термального подключения, заданных в существующих стеках контактных площадок») и **Enable tie bridging** («Включить соединение связей»). С их помощью можно задать способ термального подключения для **via connections** (переходных отверстий), **through hole connections** (сквозных отверстий) и **SMD connections** (планарных контактных площадок). Флажок в чекбоксе **Enable tie bridging** устанавливает в том случае, если зазоры создают разрыв между площадками той же цепи, что и область металлизации. Также для отверстий и площадок посредством ввода с клавиатуры можно задать величину термального зазора и ширину подводов. В поле **Tie legs** из выпадающего списка выбирают количество подводов (**Two** или **Four**) в отверстии/площадке (рис. 2б, в) либо утопание отверстия/площадки (**Buried**) (рис. 2а). Ориентация отверстия/площадки задается в поле **Rotation**. Вкладка **Thermal Definition** представлена на рис. 3.

Рассмотрим вкладку **Clearances/Discard/Negative**. На ней расположено три окна:

- **Default clearances** — параметры зазоров по умолчанию;



Рис. 3. Окно Plane Classes and Parameters (вкладка Thermal Definition)

- **Discard plane area options** — параметры удаления областей металлизации;
- **Negative clearance pads** — параметры площадок негативного зазора.

В окне **Default clearances** в поле **Mounting Hole/Contour** задается значение зазоров монтажных отверстий, а в поле **Other object (minimum)** значение зазоров для других объектов (контактных площадок, трасс). В окне **Discard plane area options** настраиваются параметры исключения определенных областей из залитой области металлизации. Параметры исключения задаются при помощи установки флажка в следующих чекбоксах:

- **All untied areas** — исключить все несвязанные области.
- **Any areas less than** — исключить любые области размером меньше, чем определенный размер. Определенный размер указывается с помощью клавиатуры.
- **Areas tied to single pad** — исключить области, связанные с одной контактной площадкой.

Опция **All untied areas** удаляет любые области, которые изолированы и не соединяются с остальной частью области металлизации из-за зазора, ширины штриховки или других факторов. Установив флажок в чекбоксе возле этого параметра, вы сможете устранить несвязанные части областей металлизации на плате.

Опция **Any areas less than** позволяет пользователю на свое усмотрение определять минимальные размеры островков, которые должны быть удалены из генерируемой заливки области металлизации.

Параметры в окне **Negative clearance pads** задаются для негативных областей металлизации. Выбор опции **Anti-Pad** не добавляет площадку на слой. Установка же переключателя в **Donut** добавляет площадку, которая не соединена с областью металлизации. В поле **Negative plane fill distance beyond route border** с клавиатуры вводится расстояние заполнения негативной области металлизации за пределами границы трассировки (до края платы). Вкладка **Clearances/Discard/Negative** представлена на рис. 4.



Рис. 4. Окно Plane Classes and Parameters (вкладка Clearances/Discard/Negative)

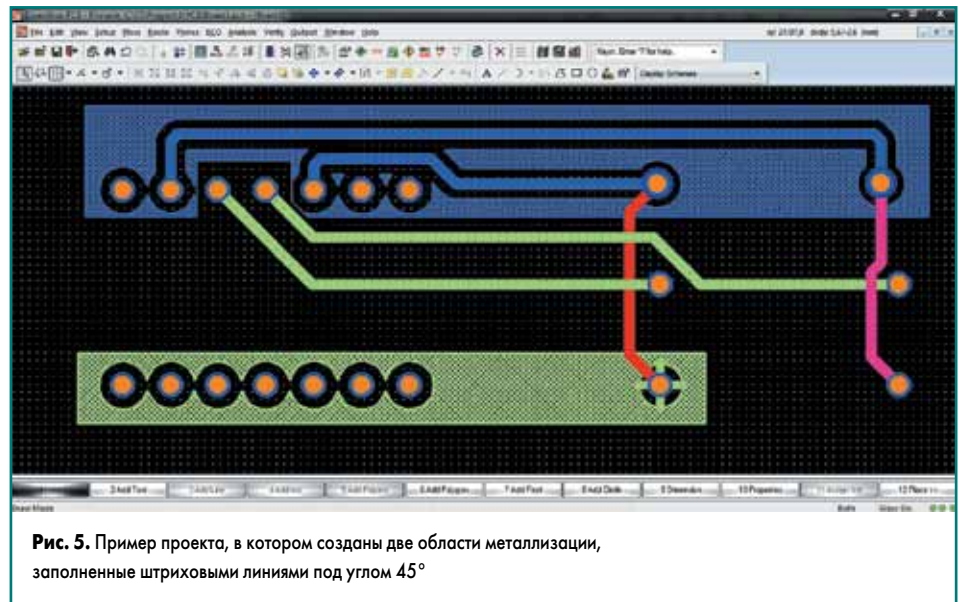


Рис. 5. Пример проекта, в котором созданы две области металлизации, заполненные штриховыми линиями под углом 45°

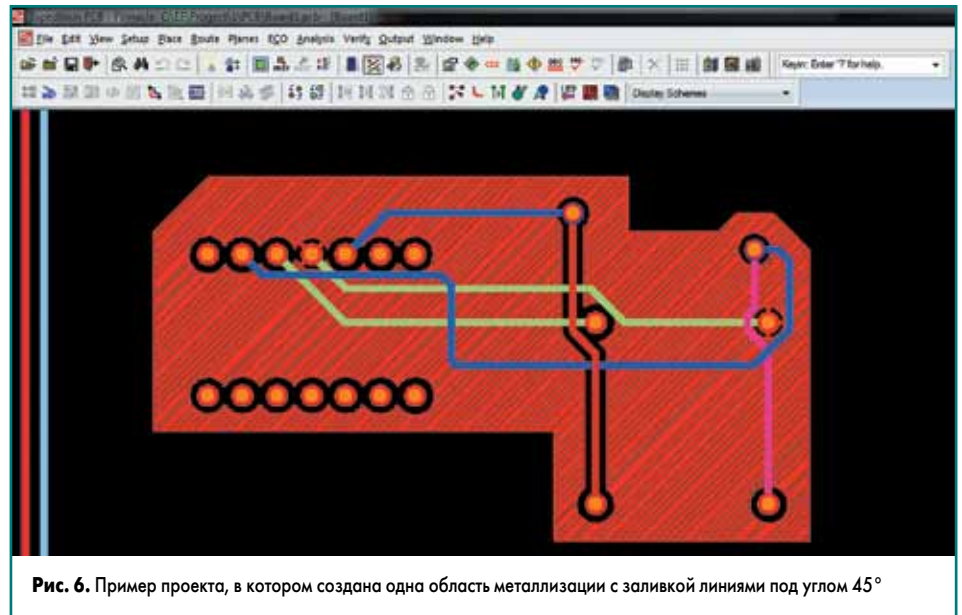


Рис. 6. Пример проекта, в котором создана одна область металлизации с заливкой линиями под углом 45°

Рассмотрим окно **Hatch Options**. Настройки опций штриховки доступны только для позитивных областей металлизации. Контур области металлизации можно заполнить менее чем на 100%, используя шаблоны штриховки. Выбор шаблона проводится путем установки переключателя возле выбранного образца узора заливки в окне **Patterns** вкладки **Hatch Options**.

- Для выбора доступны шесть шаблонов:
- заливка вертикальными линиями;
  - заливка горизонтальными линиями;
  - штриховка линиями под углом 45°;
  - штриховка линиями под углом 90°;
  - заливка линиями под углом 45°;
  - заливка линиями под углом 45° (обратное направление штриховки).

На рис. 5 представлен пример проекта, в котором созданы две области металлизации, заполненные штриховыми линиями под углом 45°. А на рис. 6 — проект, в котором создана одна область металлизации с заливкой линиями под углом 45°.

В верхней части вкладки **Hatch Options** находится окно **Settings**, в котором в поле **Width** задается ширина линий выбранного шаблона,

а в поле **Distance** — расстояние между центрами линий. Можно просто задать процент металлизации заливки области металлизации

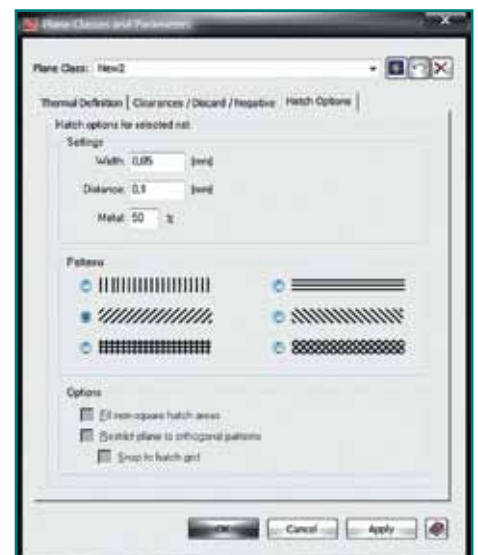


Рис. 7. Окно Plane Classes and Parameters (вкладка Hatch Options)

в поле **Metal**, в таком случае ширина линий шаблона и расстояние между линиями установятся автоматически. По умолчанию значения ширины и расстояния равны, что создает 100%-ную металлизацию заливки области металлизации независимо от выбранного шаблона. Для вступления в силу внесенных изменений необходимо нажать на кнопку **Apply**.

Вкладка **Hatch Options** представлена на рис. 7. В том случае если в проекте платы были проведены изменения в трассировке или объекты внутри области металлизации были перемещены, заливку необходимо провести заново.

Проверка областей металлизации

После окончания создания областей металлизации следует проверить топологию платы, чтобы выявить следующие возможные проблемы:

- Контур области металлизации не покрывает все контактные площадки, присоединенные к цепи, которая привязана к слою, назначенному этой области металлизации.
- Наличие островков области металлизации.

Проверка проводится путем запуска команды основного меню **Analysis/Batch DRC...** или же нажатием на одноименную иконку на панели инструментов **Standard**. В том случае, если в результате проверки были обнаружены указанные нарушения, устраните их и запустите проверку **Batch DRC** повторно.

При выявлении первого нарушения необходимо изменить контур области металлизации таким образом, чтобы он покрыл все необходимые контактные площадки.

Наличие островков области металлизации говорит о том, что на этапе настройки параметров заливки областей металлизации не были произведены надлежащим образом настройки параметров исключения определенных областей из заливки области металлизации.

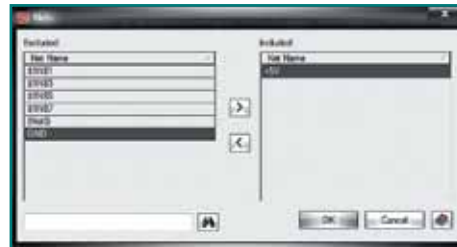


Рис. 9. Окно Nets

внесенных изменений и возврата в окно **Plane Assignments** нужно нажать на кнопку **OK**.

Установленный переключатель в колонке **Use route border as plane shape** разрешает использовать контур области металлизации как границу трассировки. Необходимо отметить, что только одна цепь, привязанная к конкретному слою, может использовать контур области металлизации как границу трассировки.

Для слоев между трассами, контактными площадками, монтажными отверстиями и областями металлизации можно установить зазоры разного размера. Правила зазоров задаются в таблице **Clearances**, которую можно вызвать при помощи команды основного меню **Setup/Constraints**. Таблица **Clearances** представлена на рис. 10.

Определение настроек слоев областей металлизации

Определение настроек слоев областей металлизации проводится при помощи команды основного меню **Planes/Plane Assignments...** или же нажатием на одноименную иконку на панели инструментов **Route** и заключается в назначении выбранных слоев областями металлизации, указании для назначенных областей металлизации типа фотошаблона и привязке к выбранным слоям цепей.

Окно **Plane Assignments** представлено на рис. 8. В крайней левой колонке **Layer\Net** отображаются все слои печатной платы и привязанные к ним цепи (если таковые имеются). Колонка **Layer Usage** отображает назначение слоя и может принимать одно из двух значений: **Signal** или **Plane**. Тип фотошаблона области металлизации указывается в колонке **Plane Type**. Область металлизации (**Plane**) может быть негативной (**Negative**) или позитивной (**Positive**).

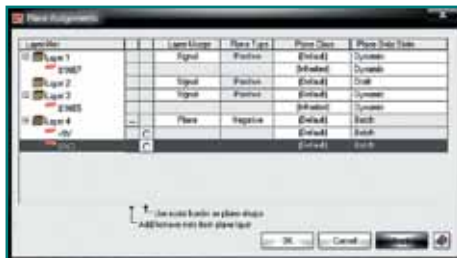


Рис. 8. Окно Plane Assignments

В колонке **Plane Class** из выпадающего меню можно выбрать класс области металлизации. В том случае если слой назначен областью металлизации, к нему можно привязать одну или несколько цепей. Сделать это можно при помощи кнопки **Add/remove nets from plane layer**, которая в окне **Plane Assignments** отображается как многоточие. Эта кнопка расположена возле каждого слоя, назначенного областью металлизации. После нажатия на эту кнопку откроется окно **Nets** (рис. 9), которое разделено на две части: **Excluded** и **Included**.

Для того чтобы привязать цепь к слою, необходимо при помощи левой кнопки мыши в окне **Excluded** выбрать цепь и нажать на кнопку со стрелкой. В результате чего выбранная цепь переместится в окно **Included**. Если привязка какой-либо цепи к слою больше не требуется, эту цепь следует переместить обратно в окно **Excluded**. Для вступления в силу

Scheme/Clearance Rule/Layer	Index	Type	Trace To (mm)		Pad To (mm)		Via To (mm)		Plane To (mm)	
			Trace	Pad	Via	Plane	Via	Plane	SMD Pad	Plane
(Master)										
(Default Rule)			0.254	0.25	0.2	0.254	0.254	0.2	0.254	0.2
SIGNAL_1	1	Signal	0.254	0.25	0.2	0.254	0.254	0.2	0.254	0.254
SIGNAL_2	2	Signal	0.254	0.25	0.2	0.254	0.254	0.2	0.254	0.254
SIGNAL_3	3	Signal	0.254	0.25	0.2	0.254	0.254	0.2	0.254	0.254
SIGNAL_4	4	Signal	0.254	0.25	0.2	0.254	0.254	0.2	0.254	0.254
(Minimum)		Plane	0.254	0.25	0.2	0.254	0.254	0.2	0.254	0.254

Рис. 10. Таблица Clearances

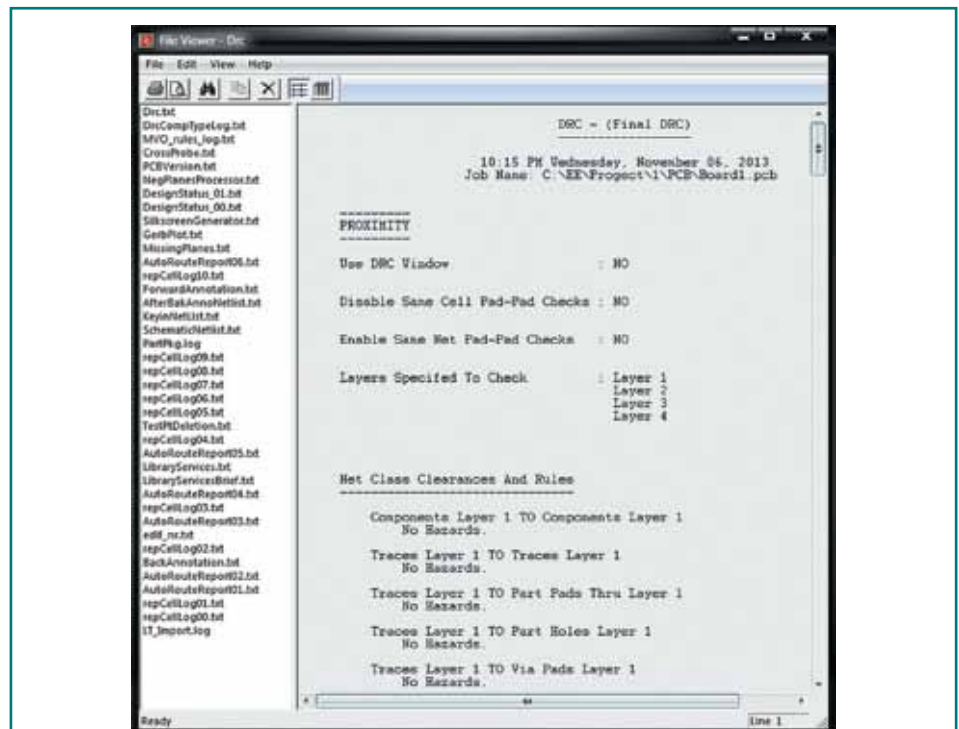


Рис. 11. Отчет о результатах проверки областей металлизации



Рис. 12. Окно Display Control (закладка Hazard)

Для решения этой проблемы необходимо в меню **Planes** выбрать пункт **Plane Classes Parameters...** и в открывшемся диалоговом окне **Plane Classes and Parameters** перейти на вкладку **Clearances/Discard/Negative**, на которой в окне **Discard plane area options** установить флажок в чекбоксе **All untied areas**. После чего нажать кнопку **OK**.

По окончании проверки система сохраняет отчет о ее результатах в файл *Drc.txt*. Просмотреть отчет можно при помощи команды основного меню **File/File Viewer...** (рис. 11).

В редакторе Expedition PCB можно настроить визуализацию местоположения нарушений. Для просмотра выявленных нарушений в графическом виде необходимо в меню **View** выбрать пункт **Display Control** и в открывшемся окне перейти на закладку **Hazard** (рис. 12). Вкладка представляет собой список возможных нарушений в режиме текущей

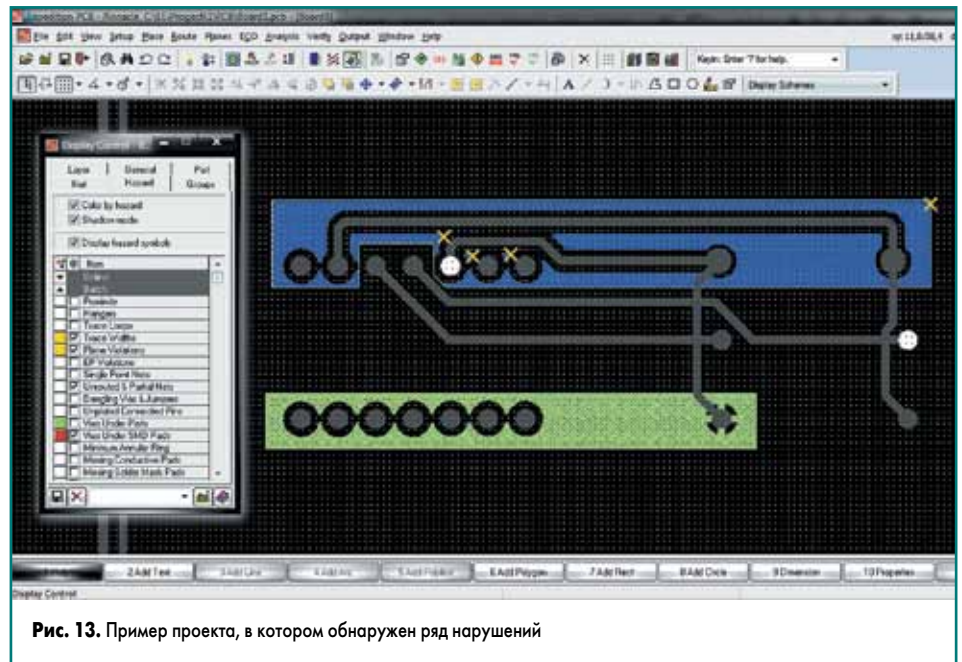


Рис. 13. Пример проекта, в котором обнаружен ряд нарушений

проверки (Online) и в режиме окончательной проверки (Batch).

В верхней части вкладки находятся три чекбоксы:

- **Color by hazard** — включить цветовую подсветку нарушений;
- **Shadow mode** — теневой режим;
- **Display hazard symbols** — вывод графических символов в местах нарушений.

Для визуализации конкретного вида нарушения следует установить флажок в чекбоксе напротив названия этого нарушения и назначить цвет для отображения этого нарушения в рабочем проекте в месте его появления. Напротив названия каждого нарушения находится цветная иконка **Select a Color**, после нажатия

на которую открывается цветовая палитра, в которой можно задать цвет визуализации. На рис. 13 представлен пример проекта, в котором после проверки топологии платы при помощи команды **Batch DRC** был обнаружен ряд нарушений, о чем сообщают графические отметки. Так как в настройках окна **Display Control** на вкладке **Hazard** был включен режим **Display hazard symbols**, то найденные нарушения отмечены графическими символами (желтыми крестиками). Также для удобства просмотра нарушений был включен теневой режим. Проанализировав ситуацию, можно прийти к выводу, что нарушения возникли из-за неправильно сконфигурированного контура платы и наличия островков металлизации. ■