

Проектирование топологии КМОП схем в редакторе Layouteditor

Приложение к методике выполнения курсовых работ по курсам КМИП и Микросхемотехника

В топлогической программе Microwind пользователь создает фактическую топологию кристалла микроосхемы, т.е. ее вид после изготовления. На самом деле рисунок реальных фотошаблонов отличается от конечного результата на микросхеме.

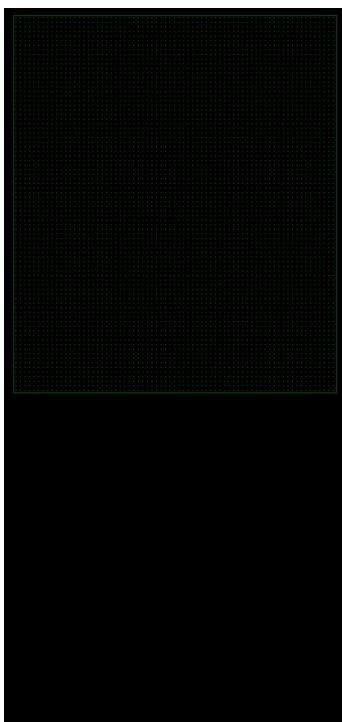
Характерный пример - фотошаблоны, предназначенные для формирования высоколегированных областей стока, истока и контактов к подложкам транзисторов. В реальной технологии перед проведением легирования сток/истоковых областей необходимо сформировать затворы транзисторов. Поэтому формирование отдельных областей N+ и P+ типа (по аналогии с рисунком Microwind) невозможно.

Далее, на примере топологии КМОП инвертора, проиллюстрируем и прокомментируем основные операции маршрута изготовления ИМС, в соответствии с настройками топологических слоев в программе Layouteditor.

Кроме перечисленных ниже слоев в Layouteditor подключены:

- слой для вывода ошибок при проверке правил проектирования (слой 0 - **error**);
- слой для обозначения границ топологических ячеек (слой 95 - **cellBoundary**);
- слой для текстовых пометок (слой 96 - **text**).

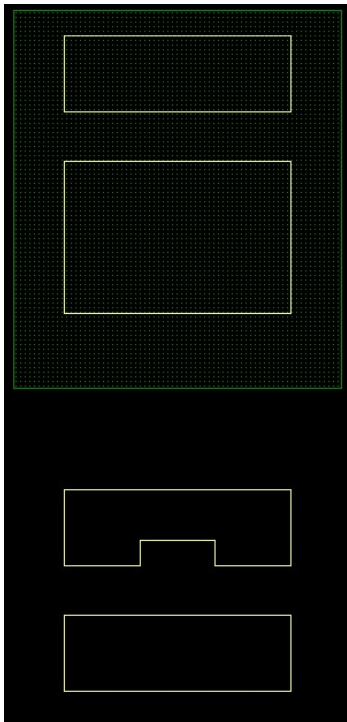
Фотолитография 1 - Шаблон N-кармана



слой 2 - **nwell**

Формирование кармана N типа проводимости в подложке P типа.

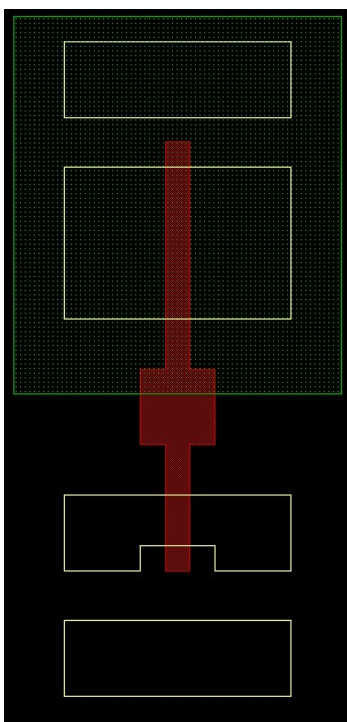
Фотолитография 2 - Шаблон тонкого окисла



слой 1 - **active**

Формирование областей тонкого окисла для последующего легирования областей как N+, так и P+ типа.

Фотолитография 3 - Шаблон поликремния

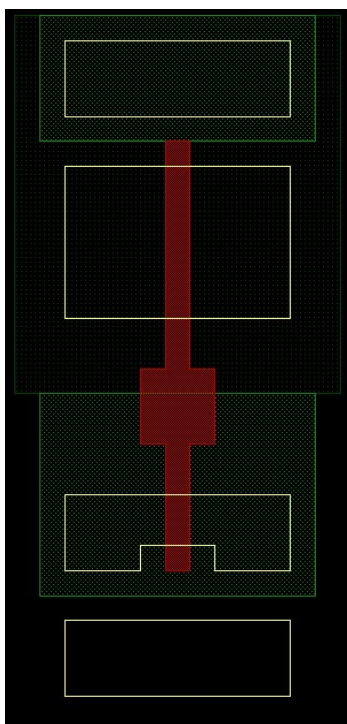


слой 5 - **poly**

Формирование затворов транзисторов. А также для формирования поликремниевых "подныров" (можно применять только внутри топологических ячеек).

Такие подныры могут понадобиться, чтобы избежать использования второго металла внутри топологической ячейки.

Фото литография 4 - Шаблон N+ областей

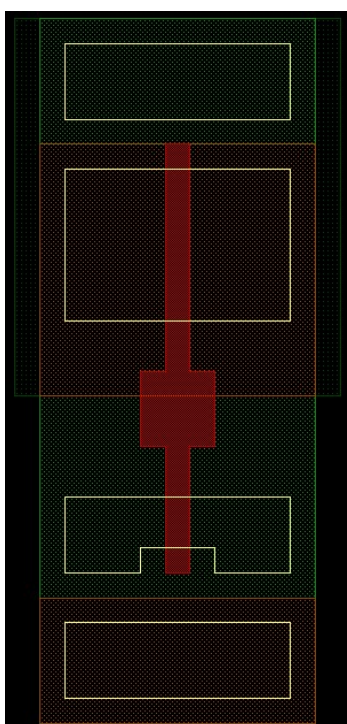


слой 3 - **nimplant**

Формирование высоколегированных областей N типа проводимости, обычно ионным легированием.

**) для легирования открыты только active области NMOS транзисторов и контактов к N-карману.*

Фото литография 5 - Шаблон P+ областей

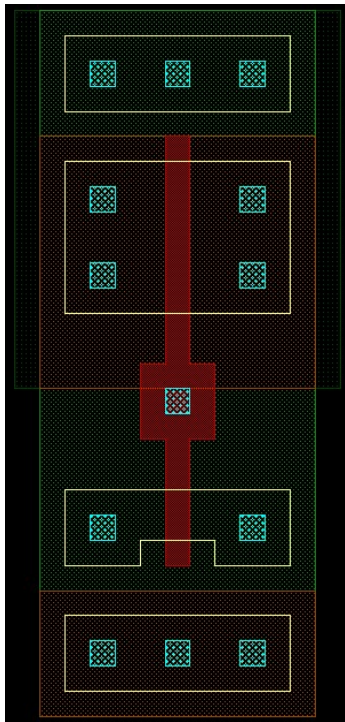


слой 3 - **pimplant**

Формирование высоколегированных областей P типа проводимости, обычно ионным легированием.

**) для легирования открыты только active области PMOS транзисторов и контактов к P подложке.*

Фотолитография 6 - Шаблон контактных окон

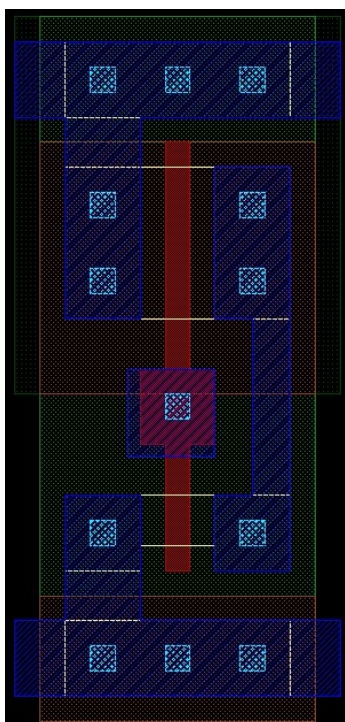


слой 6 - **contact**

Формирование окон к затворам и сток/истоковым областям в толстом изолирующем диэлектрике.

**) при травлении удаляется только изолирующий диэлектрик, т.е. в области контакта к поликремнию травление заканчивается раньше, чем в области контакта к сильно легированным областям (N^+ или P^+)*

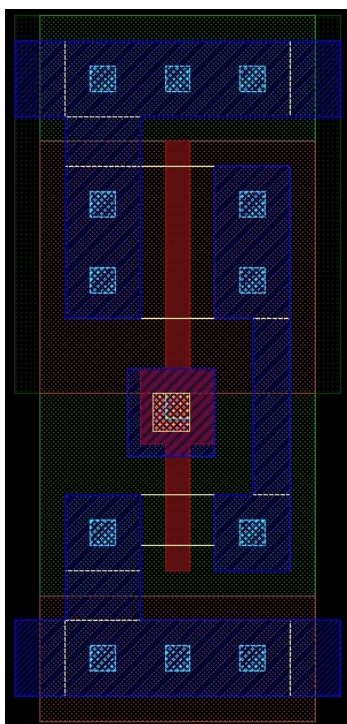
Фотолитография 7 - Шаблон металлизации первого уровня



слой 7 - **metal1**

Формирование дорожек металлизации первого уровня, осуществление контакта к затворам и сток/истоковым областям.

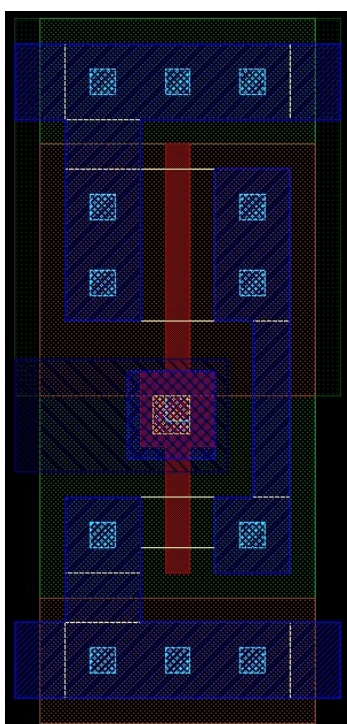
Фотолитография 8 - Шаблон переходных окон



слой 8 - **via1**

Формирование окон к дорожкам металла-1 в толстом межслойном диэлектрике.

Фотолитография 9 - Шаблон металлизации второго уровня



слой 9 - **metal2**

Формирование дорожек металлизации второго уровня, осуществление контакта к дорожкам металлизации первого уровня.

Правила проектирования топологии учебных технологических маршрутов

Следующие топлогические ограничения основаны на правилах из программы Microwind2 с добавлением ограничений, связанных с особенностями топологии шаблонов формирования высоколегированных N+ и P+ областей.

Технологический маршрут						
AMS-12	AMS-08	AMS-06	ES2-07	CMOS35	CMOS25	HCMOS8
Величина λ в мкм						
0.6 мкм	0.4 мкм	0.3 мкм	0.4 мкм	0.2 мкм	0.15 мкм	0.1 мкм
*) далее все значения правил даны в λ , в скобках (обозн. по следующей таблице рисунков DRC)						
слой 2 - nwell						
r101 - минимальный размер элемента (Rule-01-L2)						
9	13	10	10	10	10	10
r102 - расстояние между элементами (Rule-03-L2)						
	18	16	10	11	11	11
слой 1 - active						
(в ходе проверки вводятся дополнительные слои L13-N+ и L14-P+, как пересечения active с nimplant и pimplant соответственно)						
r201 - минимальный размер элемента (Rule-01-L1)						
4	5	3	4	4	4	4
r202 - расстояние между элементами (Rule-03-L1)						
	6	4	4	4	4	4
r203 - перекрытие карманом p+ областей (Rule-15-L14-2)						
	8	6	6	6	6	6
r204 - расстояние от n-кармана до внешней n+ области (Rule-14-L2-13)						
	8	6	6	6	6	6
r205 - расстояние между несоединенными n+ и p+ областями (Rule-13-L13-14)						
	5	5	4			
слой 5 - poly						
r301 - минимальный размер элемента (Rule-01-L5)						
2	2	2	2	2	2	2
r304 - расстояние между элементами (Rule-03-L5)						
	3	3	3	3	3	3
r305 - расстояние от поликремния до "соседней" active области (Rule-14-L5-1)						
	1	1	1	1	1	1
r307 - минимальный вылет поликремния за "свою" active область (Rule-16-L5-1)						
	2	2	2	2	2	2

слой 6 - contact						
r401 - точный размер элемента (Rule-07min-L6 и Rule-07max-L6)						
	2	2	2	2	2	2
r402 - расстояние между элементами (Rule-03-L6)						
	3	3	3	3	3	3
r403 - перекрытие контактных окон маталлом-1 (Rule-15-L6-7)						
	2	2	2	2	2	2
r404 - перекрытие контактных окон поликремнием (Rule-15-L6-5)						
		2	2	2	2	2
r405 - перекрытие контактных окон active областями (Rule-15-L6-1)						
		2	2	2	2	2
r406 - расстояние от контакта до "канала" транзистора (Rule-13-L6-15)						
3						0
слой 7 - metal1						
r501 - минимальный размер элемента (Rule-01-L7)						
4	3	3	3	3	3	3
r502 - расстояние между элементами (Rule-03-L7)						
3	3	3	3	3	3	4
слой 8 - via1						
r601 - точный размер элемента (Rule-07min-L8 и Rule-07max-L8)						
3	3	2	3	2	2	3
r602 - расстояние между элементами (Rule-03-L8)						
	3	3	3	3	3	4
r604 - перекрытие контактных окон маталлом-1 и металлом-2 (Rule-15-L8-7-9)						
	2	2	2	2	2	2
r605 - расстояние от переходного окна до "канала" транзистора (Rule-13-L8-15)						
3	2					
слой 9- metal2						
r701 - минимальный размер элемента (Rule-01-L9)						
5	3	3	3	4	4	3
r702 - расстояние между элементами (Rule-03-L9)						
4	3	3	3	4	4	4

Кроме перечисленных правил при проверке проектирования топологии (DRC) в программе Layouteditor проверяются:

Rule 20 - Попадание вершин всех фигур в сетку с шагом 1λ , для всех слоев.

Rule 09 - Кратность всех углов фигур 90 градусам, для всех слоев.

Rule 26 и **Rule 27** - Отсутствие фигур типа BOX и PATH (прямоугольник и путь) в окончательном файле. Проверка необходима, т.к. стандарт GDS не допускает наличия таких фигур. В системных настройках Layouteditor может быть настроено автоматическое преобразование таких фигур к типу POLYGON (многоугольник) при сохранении файла.

Rule 15 - Перекрытие active областей областями nimplant и pimplant на 2λ .

Rule 12 - Самопересечение фигур, для всех слоев.

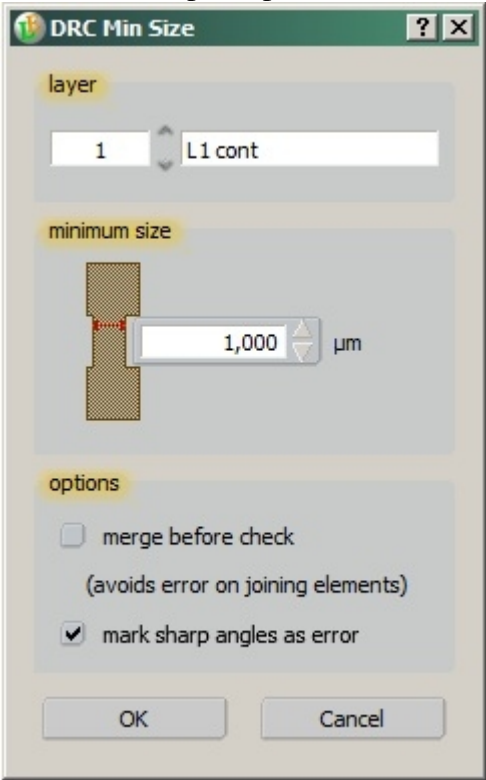
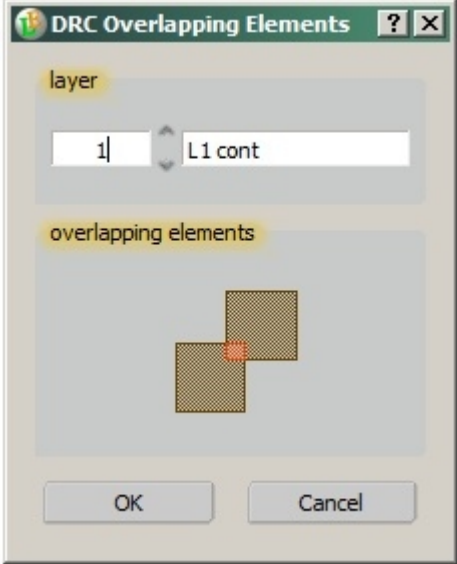
Rule 29 - Отсутствие фигур типа TEXT, для всех слоев, кроме text.

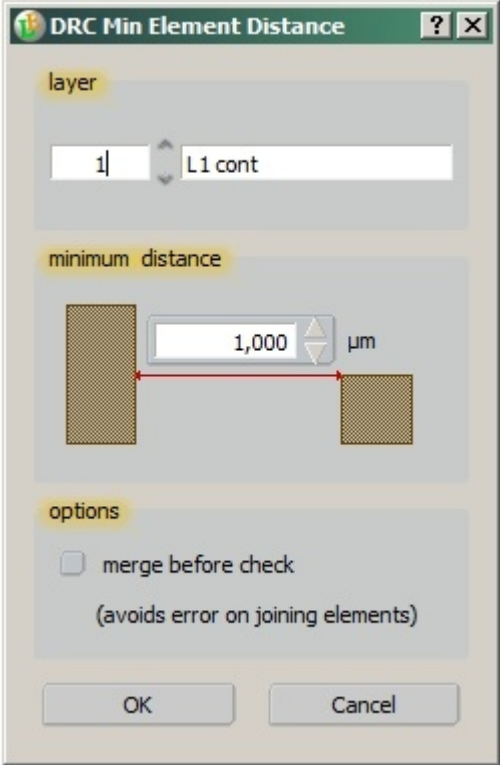
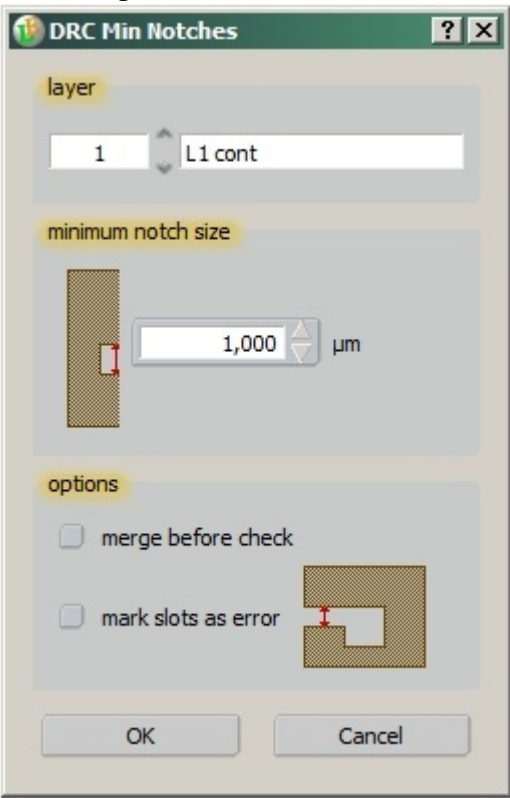
Rule 22 - Отсутствие нулевых размеров в элементах, для всех слоев.


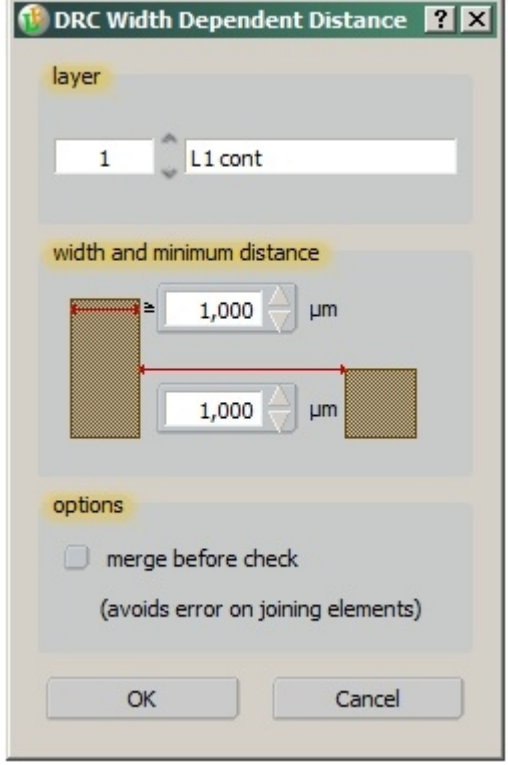
Rule 25 - Наличие любых элементов в слое ошибок **error**.

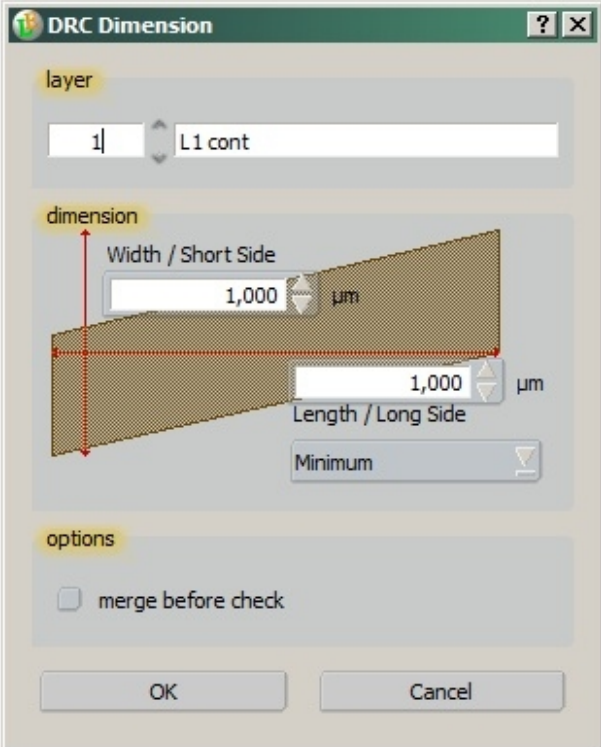
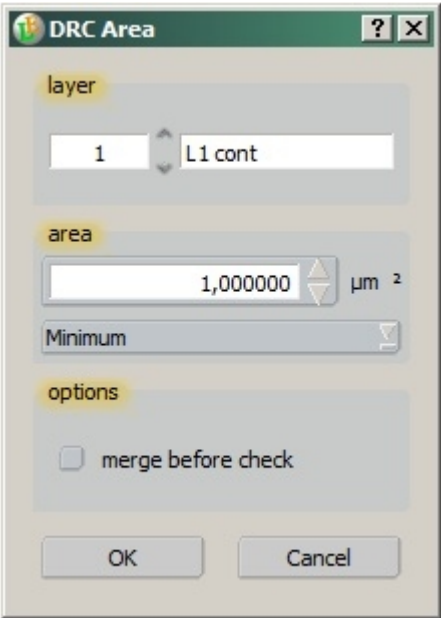
Следующая таблица рисунков, поясняющих правила проверки топологии соответствует версии **Layouteditor 20120824** и соответствует перечню всех возможных проверок в порядке фрейма "Design Rule Checker".

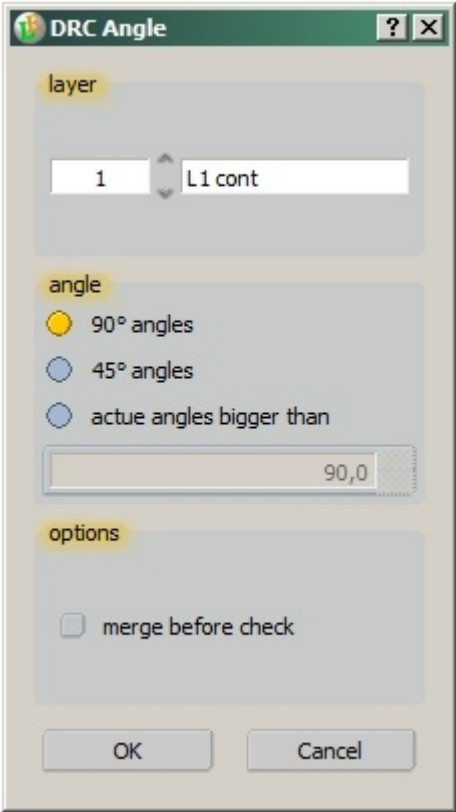
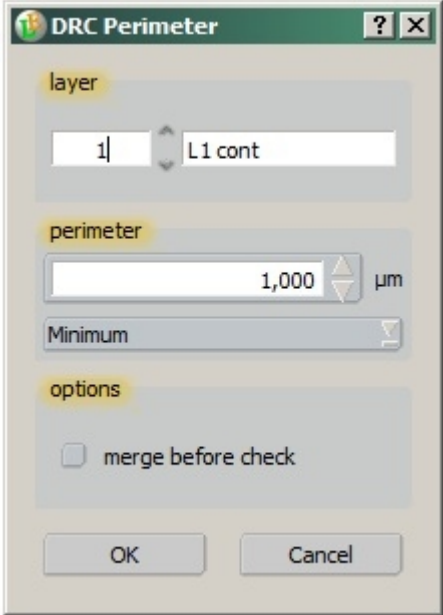
Для удобства Вы можете заполнить пустые графы таблицы слоями и значениями, в соответствии с заданным в курсовом проекте технологическим базисом.

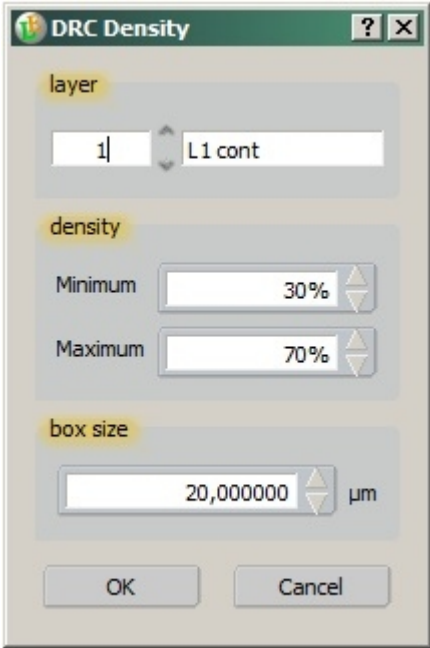
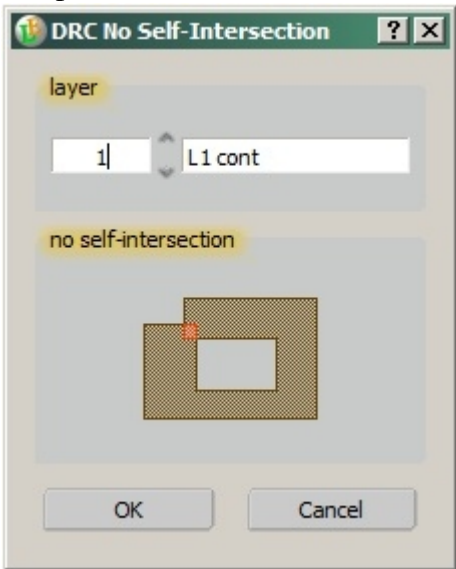
Правило	Слои применения и размеры
<p>Rule 01-Lx</p> <p>Минимальный размер элементов слоя</p> 	
<p>Rule 02-Lx</p> <p>Перекрытие элементов одного слоя</p> 	

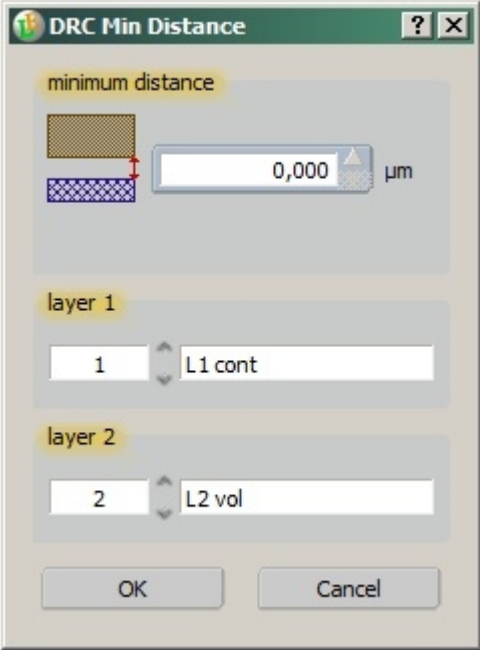
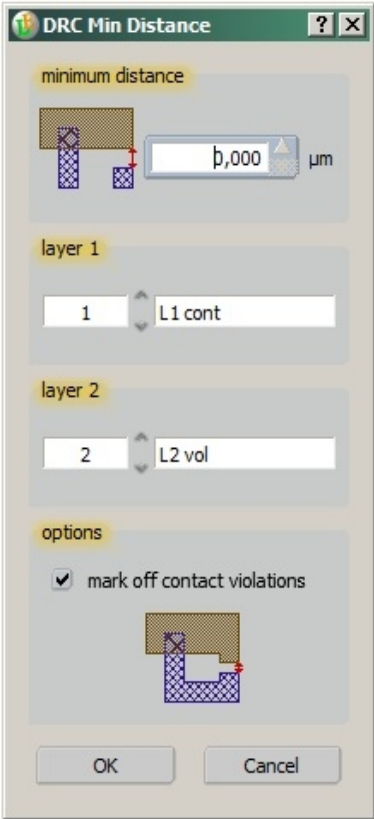
Правило	Слои применения и размеры
<p>Rule 03-Lx</p> <p>Мин. расстояние элементов в одном слое</p>  <p>The dialog box 'DRC Min Element Distance' has a title bar with a question mark and a close button. It contains three sections: 'layer' with a dropdown set to '1' and a text field 'L1 cont'; 'minimum distance' with a graphical representation of two rectangles and a distance of 1,000 μm; and 'options' with a checkbox 'merge before check' (unchecked) and a note '(avoids error on joining elements)'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.</p>	
<p>Rule 04-Lx</p> <p>Мин. Вырез в элементах одного слоя</p>  <p>The dialog box 'DRC Min Notches' has a title bar with a question mark and a close button. It contains three sections: 'layer' with a dropdown set to '1' and a text field 'L1 cont'; 'minimum notch size' with a graphical representation of a notch in a rectangle and a size of 1,000 μm; and 'options' with two checkboxes: 'merge before check' (unchecked) and 'mark slots as error' (unchecked), with a small diagram of a notched rectangle next to the second option. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons.</p>	

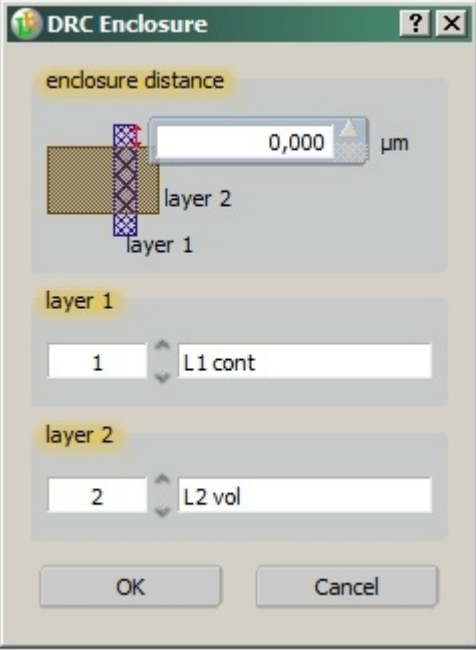
Правило	Слои применения и размеры
<p>Rule 05-Lx</p> <p>Нет отверстий в элементах одного слоя</p> 	
<p>Rule 06-Lx</p> <p>Мин. расстояние в зависимости от размера</p> 	

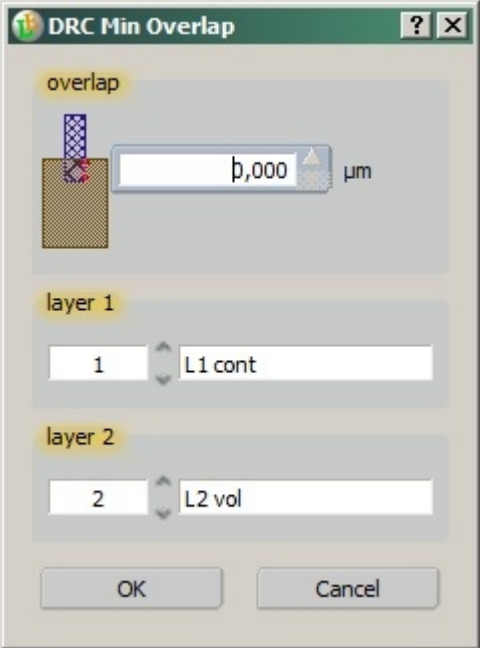
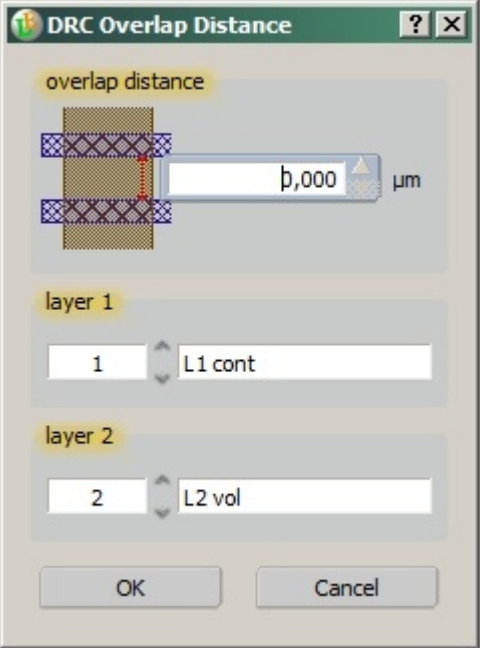
Правило	Слой применения и размеры
<p>Rule 07-Lx</p> <p>Общие размеры элементов одного слоя</p> 	
<p>Rule 08-Lx</p> <p>Площадь элемента одного слоя</p> 	

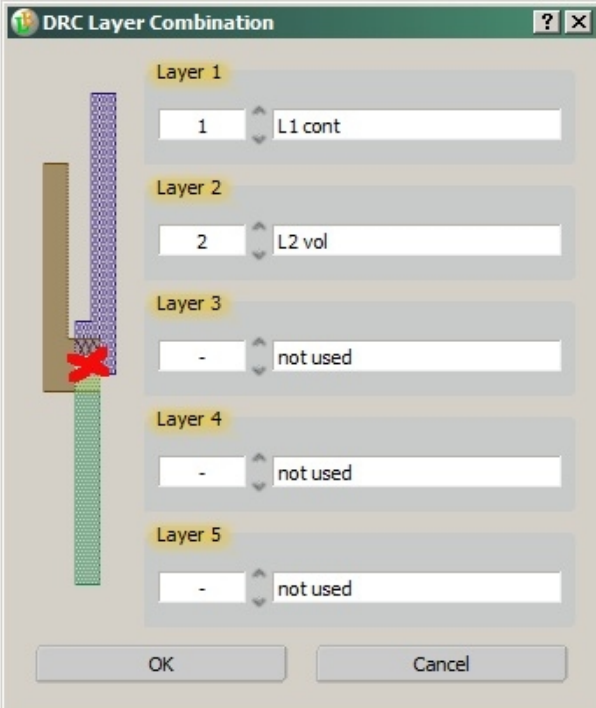
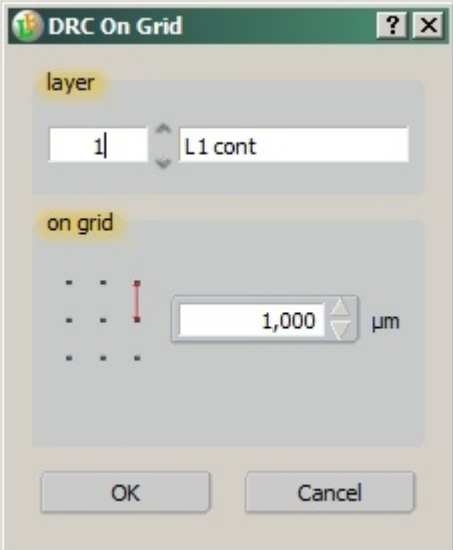
Правило	Слой применения и размеры
<p>Rule 09-Lx</p> <p>Углы элементов одного слоя</p> 	
<p>Rule 10-Lx</p> <p>Периметр элементов одного слоя</p> 	

Правило	Слои применения и размеры
<p data-bbox="461 217 619 248">Rule 11-Lx</p> <p data-bbox="346 259 726 291">Плотность заполнения слоя</p>  <p>The screenshot shows a dialog box titled "DRC Density". It has three main sections: "layer", "density", and "box size". In the "layer" section, there is a text box with "1" and a dropdown menu showing "L1 cont". In the "density" section, there are two sliders: "Minimum" set to 30% and "Maximum" set to 70%. In the "box size" section, there is a text box with "20,000,000" and a unit dropdown set to "µm". At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.</p>	
<p data-bbox="461 1149 619 1180">Rule 12-Lx</p> <p data-bbox="258 1191 821 1223">Самопересечение элементов одного слоя</p>  <p>The screenshot shows a dialog box titled "DRC No Self-Intersection". It has two main sections: "layer" and "no self-intersection". In the "layer" section, there is a text box with "1" and a dropdown menu showing "L1 cont". In the "no self-intersection" section, there is a preview area showing a brown polygon with a self-intersection point marked by a red dot. At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.</p>	

Правило	Слои применения и размеры
<p>Rule 13-Lxy</p> <p>Мин. расстояние элементов двух слоев, пересечения не допускаются</p> 	
<p>Rule 14-Lxy</p> <p>Мин. расстояние элементов двух слоев, пересечения допускаются</p> 	

Правило	Слои применения и размеры
<p data-bbox="255 206 826 331">Rule 15-Lxabc Мин. полное включение элементов слоя в элементы других (до трех) слоев</p> 	
<p data-bbox="255 1146 826 1272">Rule 16-Lxy Мин. "вылет" элементов первого слоя за пределы элементов второго</p> 	

Правило	Слой применения и размеры
<p>Rule 17-Lxy</p> <p>Мин. перекрытие элементов первого слоя элементами второго</p> 	
<p>Rule 18-Lxy</p> <p>Мин. расстояние между областями перекрытия элементами первого слоя элементов второго</p> 	

Правило	Слои применения и размеры
<p data-bbox="228 208 853 257">Rule 19-L-abcde</p> <p data-bbox="228 257 853 324">Перекрытие элементов нескольких (до пяти) слоев</p> 	
<p data-bbox="228 1140 853 1189">Rule 20</p> <p data-bbox="228 1189 853 1238">Проверка сетки проектирования для слоя</p> 	<p data-bbox="853 1140 1485 1189">Проверять все слои</p>

Правило	Слои применения и размеры
Rule 21 Слой только для кругов	Не применять
Rule 22 Наличие нулевых размеров в элементах	Проверять все слои
Rule 23 Пустое правило	—
Rule 24 Пустое правило	—
Rule 25 Наличие любых элементов в слое - ошибка	Не применять или применять к слою ошибок
Rule 26 Наличие фигур типа PATH в слое - ошибка	Проверять все слои
Rule 27 Наличие фигур типа BOX в слое - ошибка	Проверять все слои
Rule 28 Наличие фиг. типа POLYGON - ошибка	Не применять
Rule 29 Наличие фигур типа TEXT в слое - ошибка	Проверять все слои, кроме "текстовых"
Rule 30 Наличие фиг. типа CIRCLE - ошибка	Не проверять или проверять все слои

