

Московский физико-технический институт
(государственный университет)
Факультет радиотехники и кибернетики
Кафедра информатики и вычислительной техники

Выпускная квалификационная работа
(магистерская диссертация)

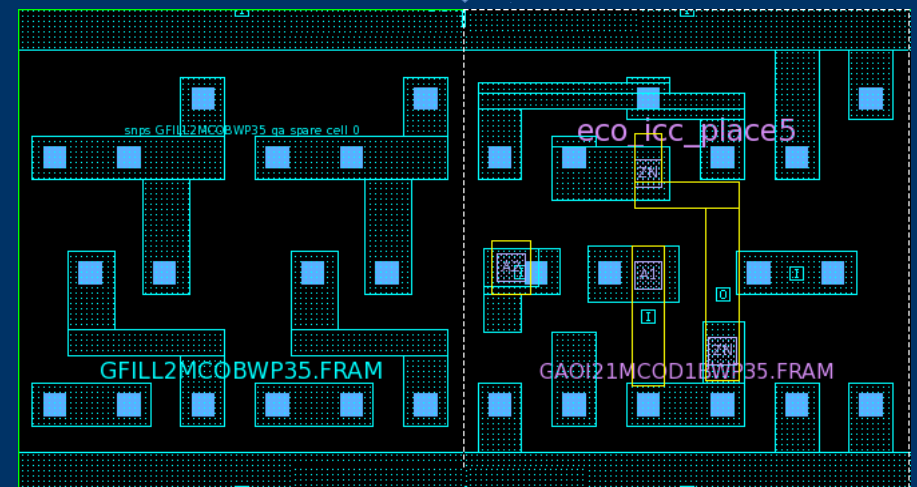
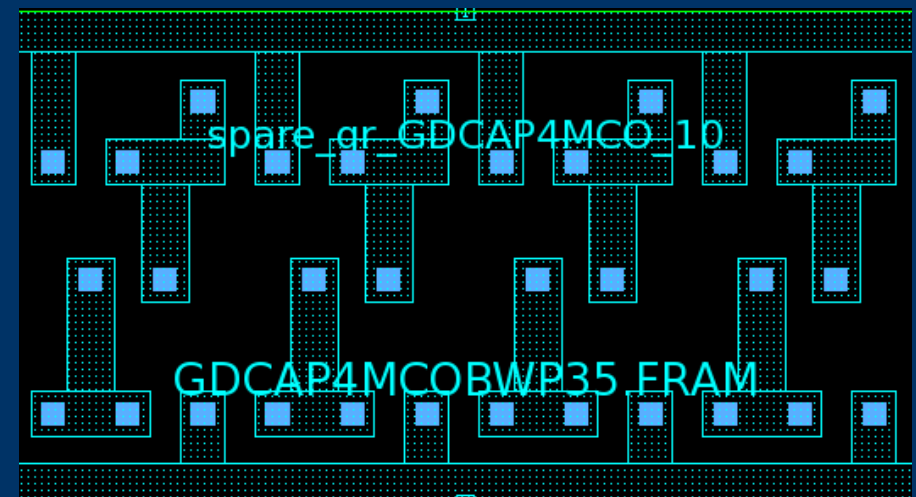
Реализация методики внесения изменений в топологию СБИС для технологии 28 нм

Студент: Колотов Антон Викторович, группа 913
Научный руководитель: к. т. н. Кристовский Г. В.

Методика внесения изменений с заморозкой слоёв кремния (Freeze Silicon ECO Flow)

Внесение изменений в микросхему за счёт редактирования лишь слоёв металлов обеспечивается:

- предварительным размещением запасных логических элементов или перестраиваемых массивов вентиляей;
- расположением всех межсоединений лишь в слоях металлов.



Особенности взаимодействия слоёв в технологии 28 нм

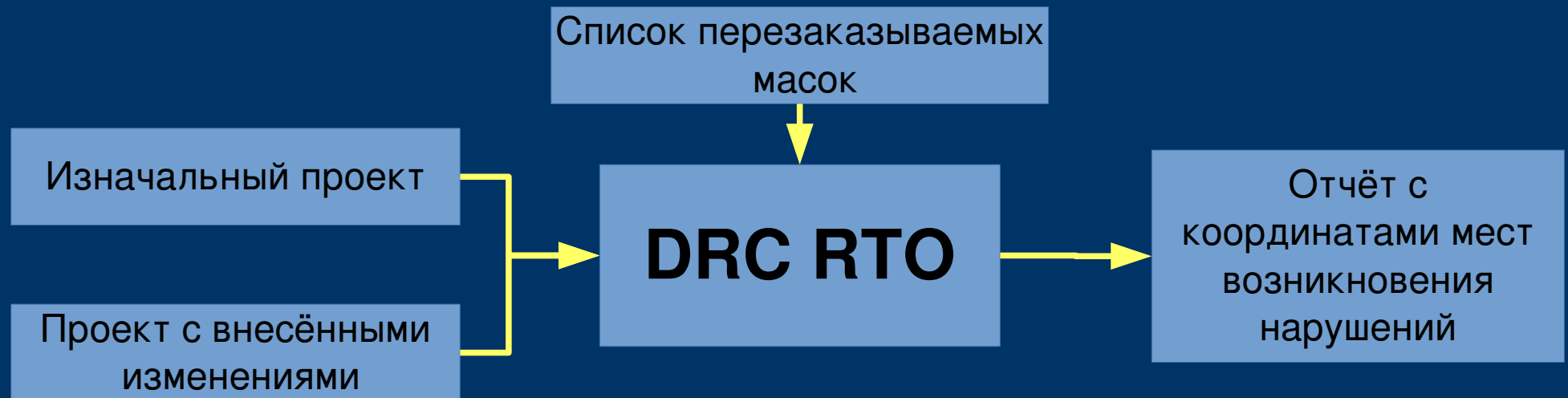
В технологии 28 нм наблюдается технологическая зависимость между масками соседних слоёв за счёт оптической коррекции. То есть, при внесении изменений в слой в ряде случаев необходимо повторно заказывать маски соседних слоёв.

Принципиальное значение для методики внесения изменений имеет зависимость между изменением слоя M1 и маской лежащего под ним слоя SO (слоя переходов от металла к поликремнию), так как с помощью изменения слоя M1 производится перестроение ячеек массивов вентиляей и подключение к контактам логических элементов.

Проверка Design Rule Check ReTape-Out (DRC RTO)

Для проверки необходимости коррекции масок слоёв TSMC был предоставлен набор правил для САПР физической верификации.

При помощи этих правил настроена соответствующая проверка DRC RTO.

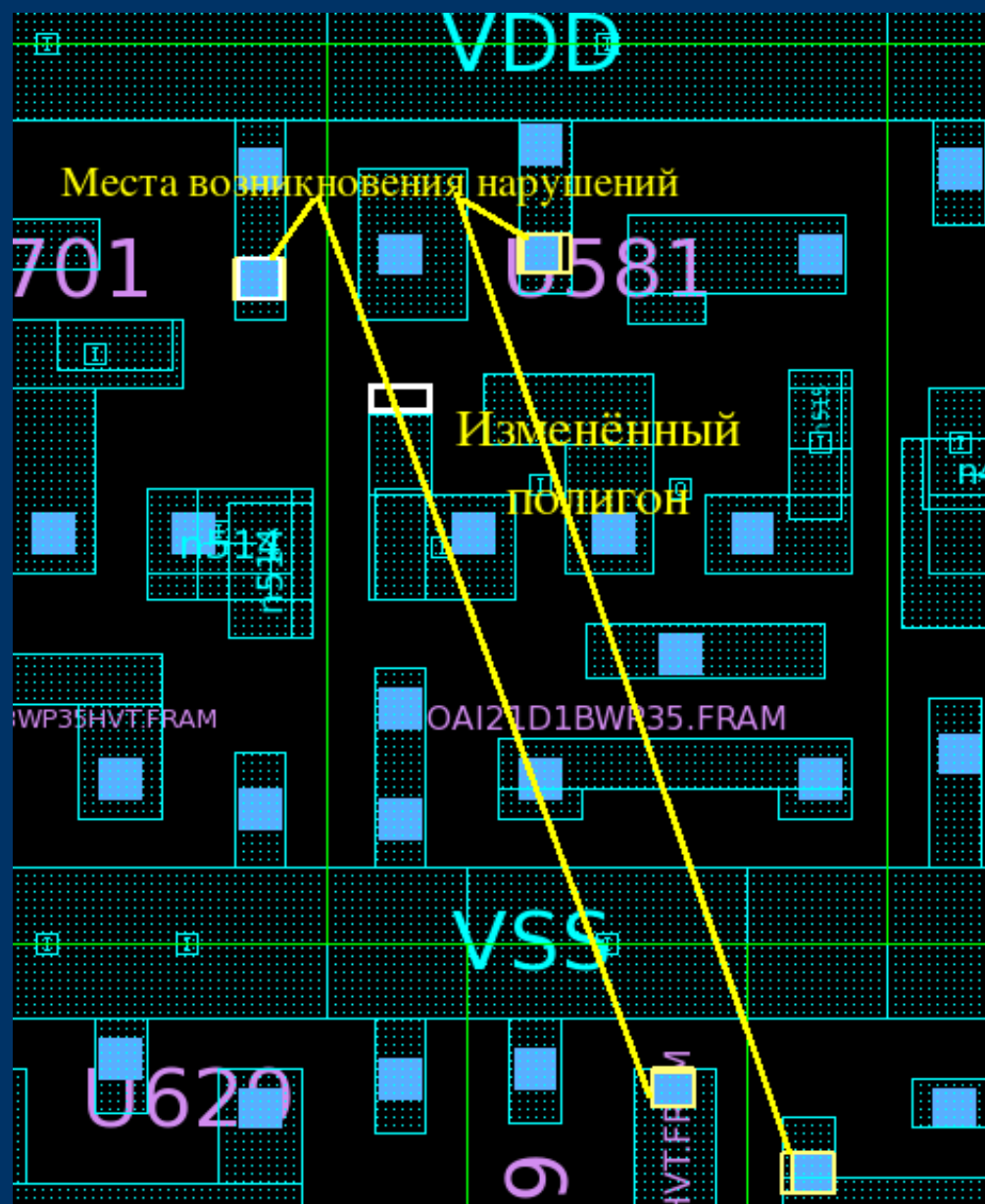


Цель работы

1. Исследовать условия возникновения нарушений проверки DRC RTO при внесении изменений.
 2. Разработать методику внесения изменений, не требующую перепроизводства маски слоя SO.
-
-

Места возникновения нарушений

Нарушения возникают около полигонов в слое CO, недостаточно окружённых слоем M1.



Проблемы методики внесения изменений

При внесении изменений нарушения могут возникнуть при:

- перестроении массива вентиляей;
- подключении к контакту логической ячейки.

Методы решения:

- избежать изменения слоя M1;
- избежать возникновения нарушений.

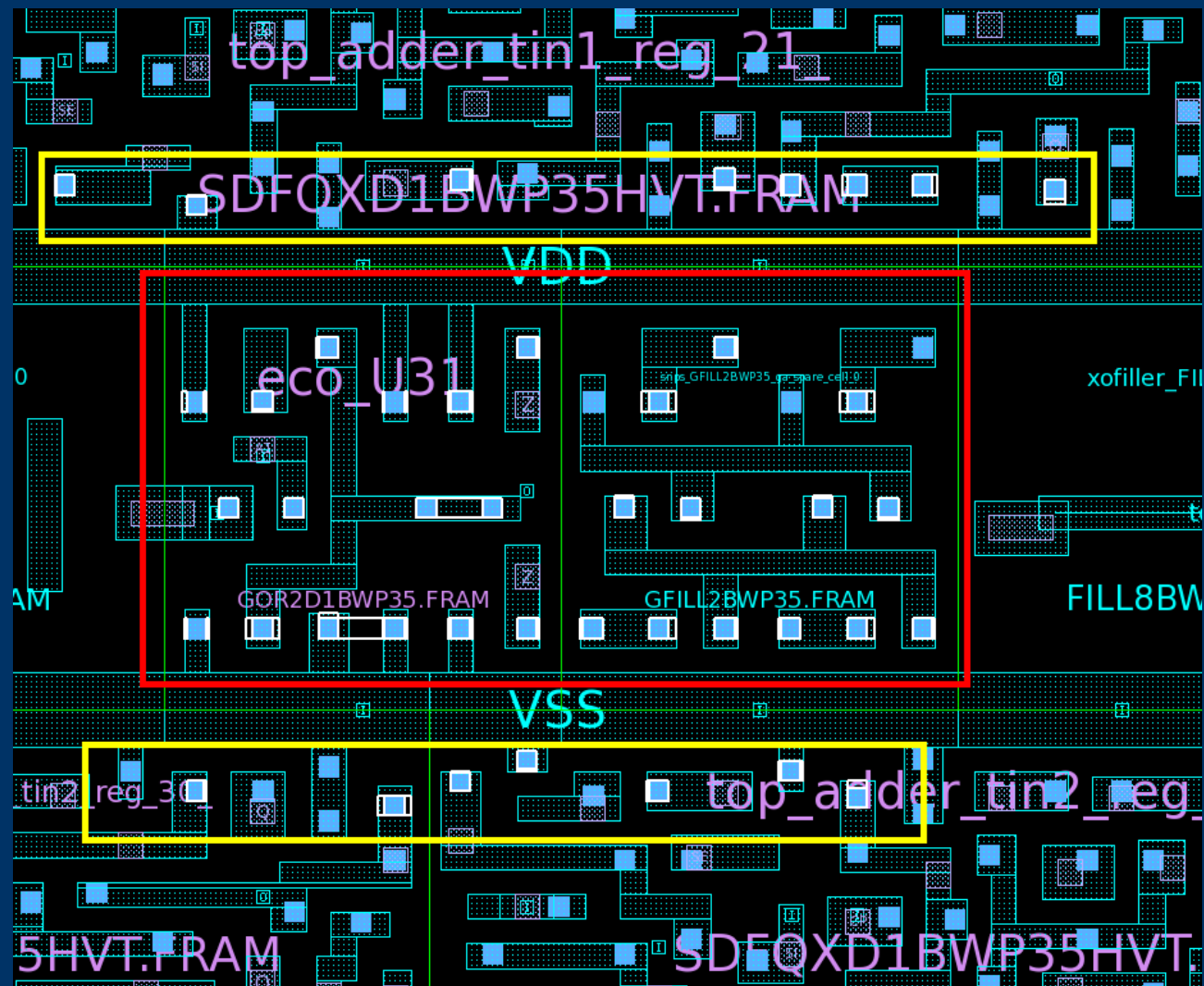
В случае перестроения массива вентиляей избежать изменения слоя M1 невозможно, поэтому необходимо было найти способ избежать возникновения нарушений.

В случае подключения к контактам логической ячейки возможно избежать изменения слоя M1. При этом требуется значительно изменить маршрут внесения изменений.

Нарушения при перестроении массивов вентиляей

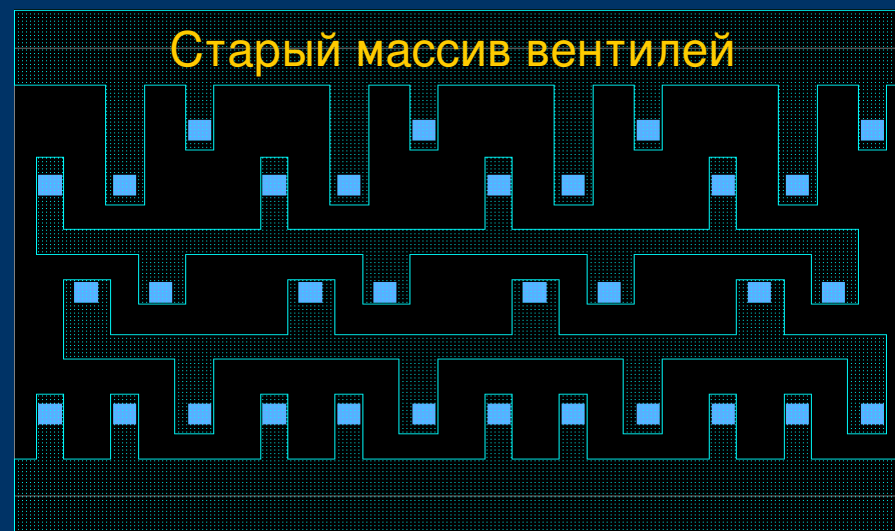
Нарушения, возникающие при перестроении массивов вентиляей:

- нарушения в перестраиваемом массиве вентиляей;
- нарушение в окружающих элементах.



Решение проблемы нарушений при перестроении массивов вентиляей

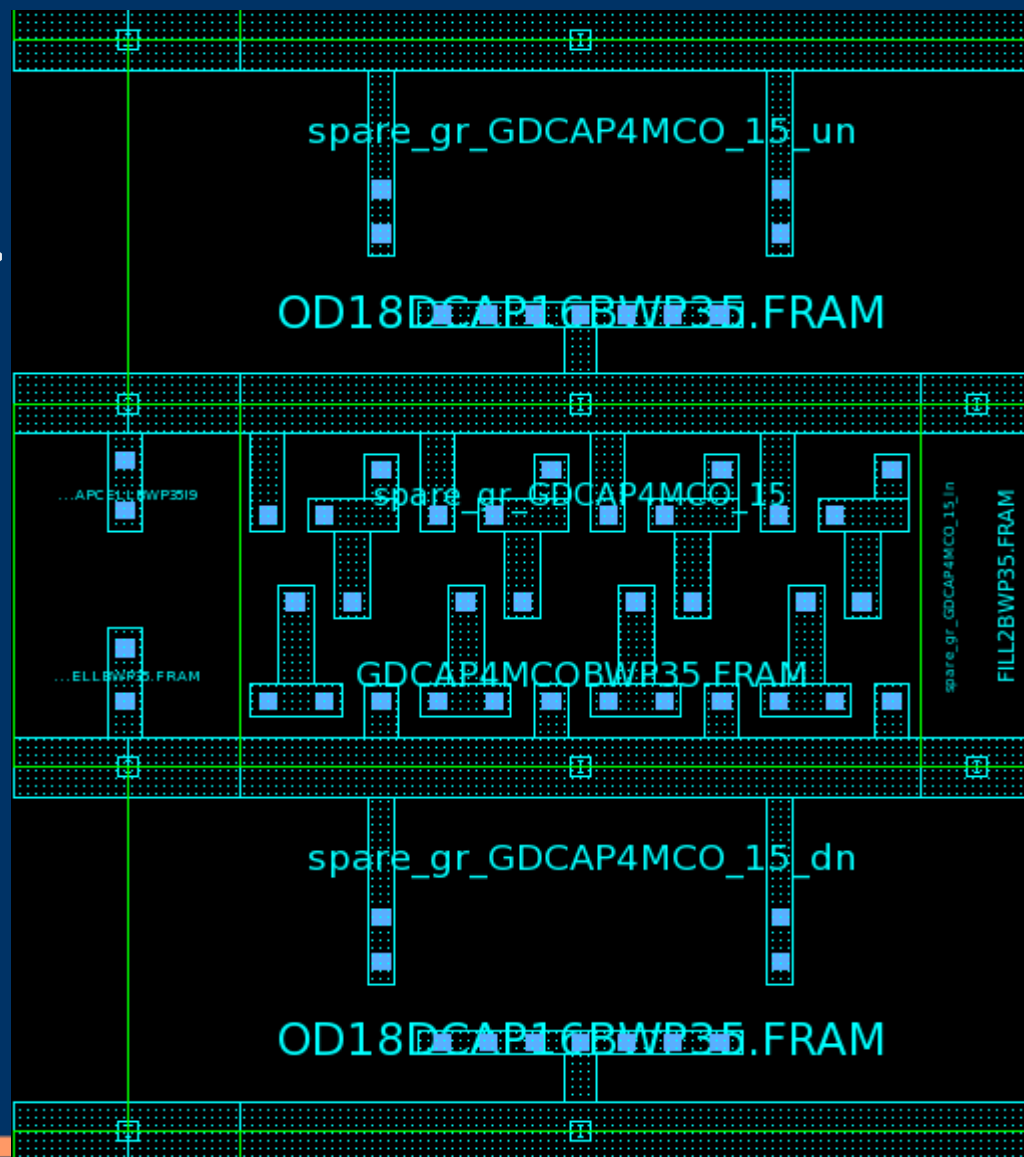
Использование библиотеки новых элементов массивов вентиляей, не вызывающих нарушений внутри самих массивов вентиляей при перестроении



Решение проблемы нарушений при перестроении массивов вентиляей

Окружение массивов вентиляей «экранирующими» элементами, предотвращающими нарушения в соседних элементах.

В качестве элементов окружения выступают развязывающие конденсаторы



Нарушения при подключении к контактам логических элементов. Маршрут внесения изменений



Решение проблемы нарушений при подключении к контактам логических элементов

Для избежания внесения изменений в слой M1 приходится полностью запрещать разводку в этом слое, а также в слое контактов между M1 и M2 (VIA12).

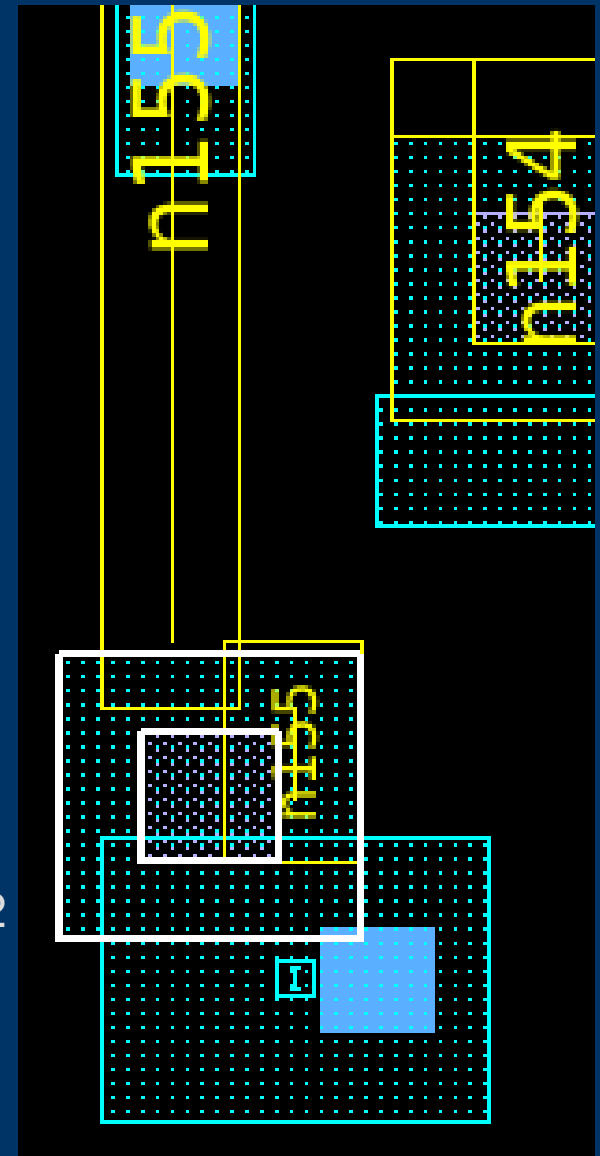
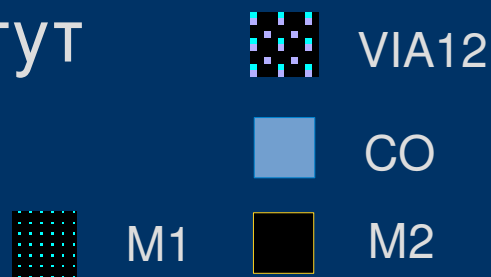
Проблемы:

- неработоспособность стандартной процедуры переразводки;
 - игнорирование ограничений разводки при удалении межсоединения на этапе сравнения нетлистов.
-
-

Процедура подключения соединений к контактам в слое M1

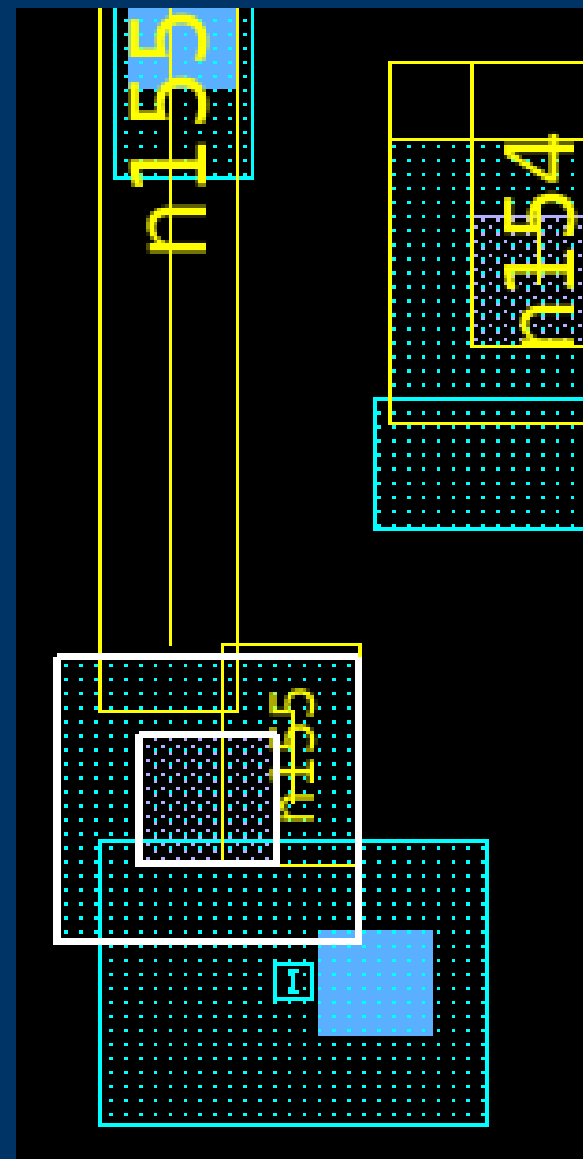
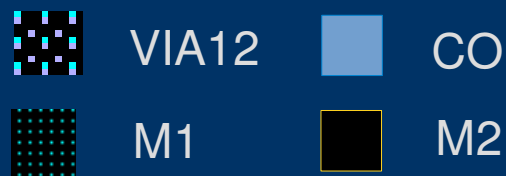
Подключение к контактам производится через структуры металлизированных отверстий, которые состоят из полигонов в трёх слоях M1, VIA12 и M2.

При запрете на изменение M1 и VIA12 такие структуры не могут быть удалены или созданы.

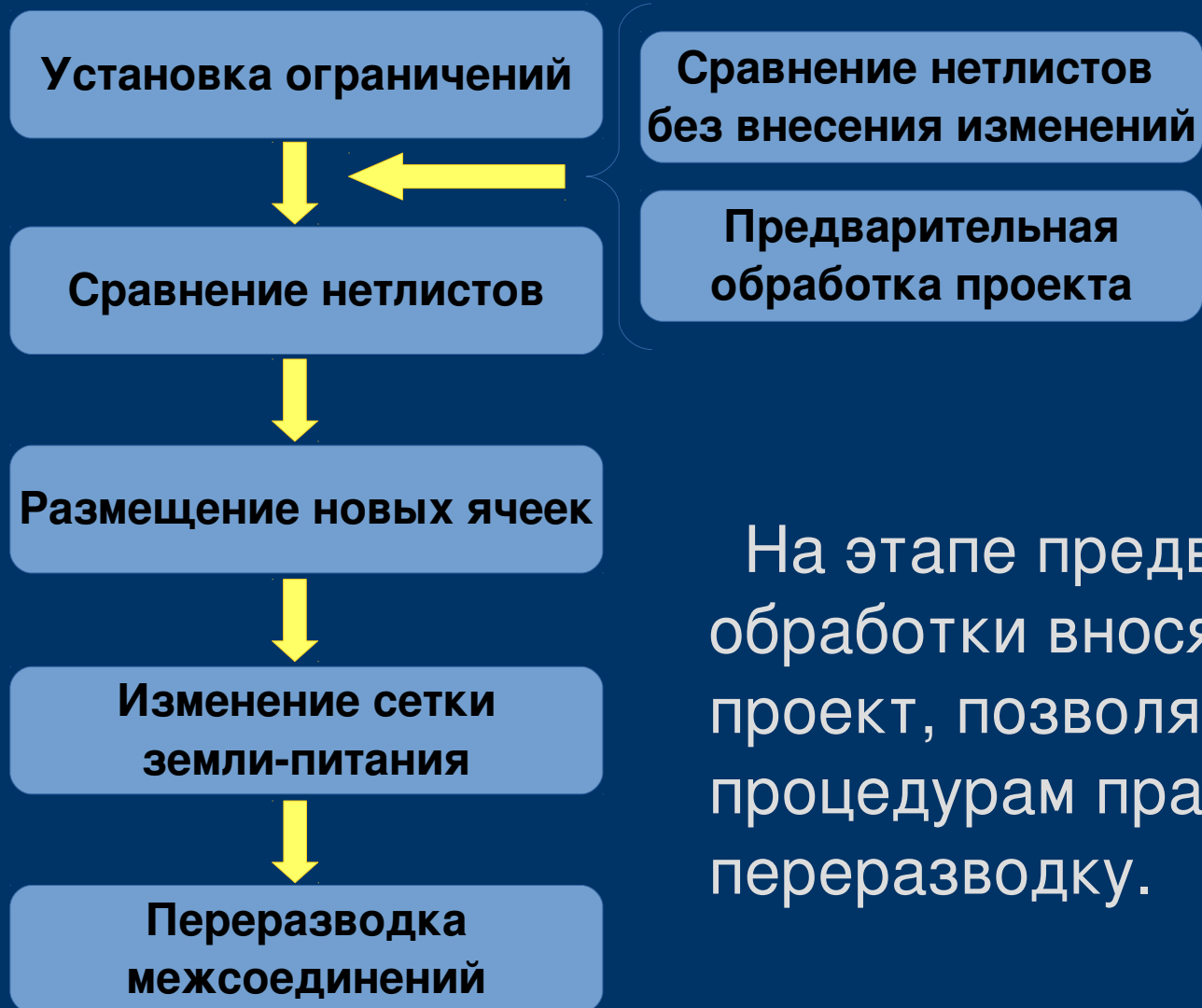


Игнорирование ограничений при удалении межсоединений

В случае исчезновения соединения из нетлиста, такая связь удаляется из структуры слоёв уже на этапе сравнения нетлистов, при этом все установленные ограничения разводки игнорируются.



Предложенное решение



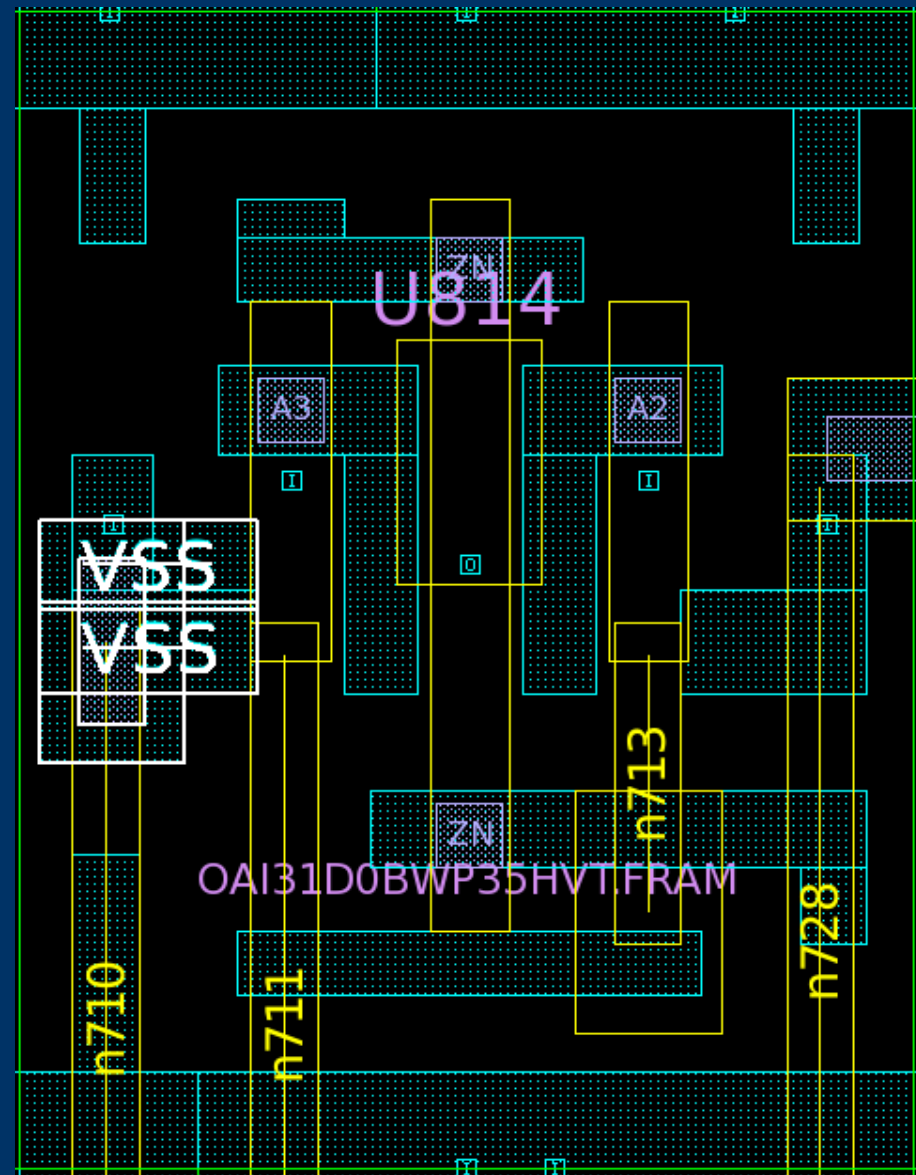
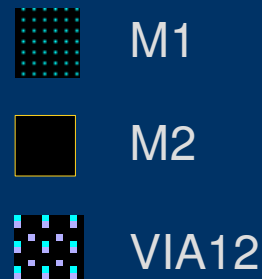
На этапе предварительной обработки вносятся изменения в проект, позволяющие стандартным процедурам правильно выполнять переразводку.

Обработка ситуации переподключения контакта логической ячейки в M1

Основной ситуацией, обработку которой приходится проводить, является отключение контакта от одного провода и подключение другому.

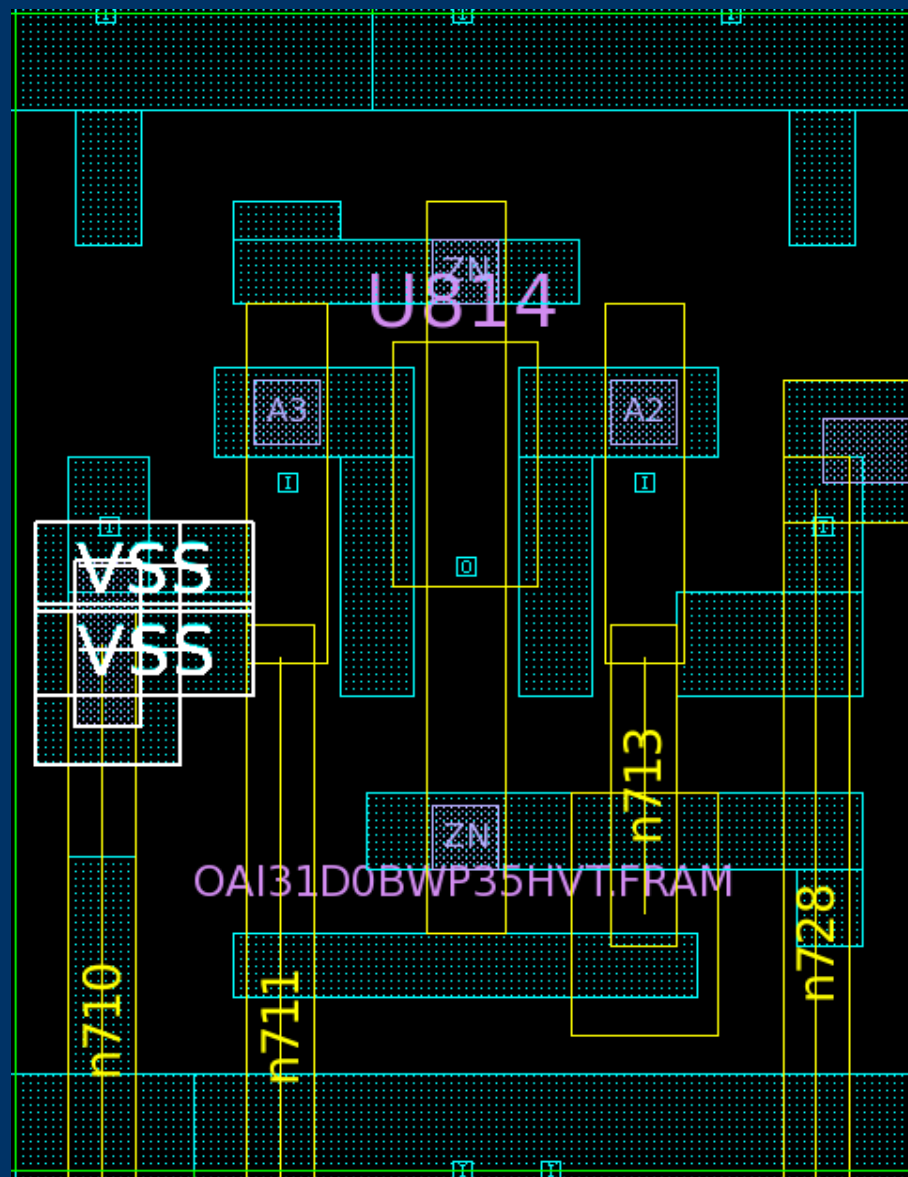
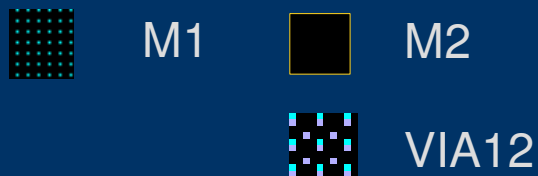
Находим все объекты в слоях M1 и VIA12 над контактной площадкой и переназначаем их новому проводу.

В данном примере
старый провод — n710
новый провод - VSS



Разрешение проблемы удаления межсоединения

Аналогично предыдущему примеру при разборе файла вносимых изменений находится контакт в M1, присоединённый к которому провод будет удалён и все структуры в M1 и VIA12 над этим контактом переназначаются проводу, к которому он будет подключён.



Результаты

1. Проведено исследование возникновения нарушений проверки DRC RTO.
 2. Реализована методика внесения изменений для технологии с нормами 28 нм, позволяющая вносить изменения в топологию без перезаказа масок слоёв кремния.
- 