

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976.
2. Mooshka: A system for the management of multidimensional gene expression data in situ / A. Pisarev, E. Pustelnikova, M. Samsonova, P. Bauman // Information Systems. 2003. Vol. 28, № 4. P. 269–285.
3. A system for on-line processing and analysis of images of gene expression patterns. Pattern Recognition and Image / A. Pisarev, M. Blagov, E. Poustelnikova, E. Myasnikova, M. Samsonova // Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications. 2005. Vol. 15, № 2. P. 428–431.
4. Писарев А. С. Многоагентная P2P GRID-инфраструктура для развития нанобиотехнологий // Изв. Южного федерального ун-та. Технические науки. 2008. № 5. С. 209–213.
5. Евтушенко Ю. Г., Посыпкин М. А. Применение метода неравномерных покрытий для глобальной оптимизации частично целочисленных нелинейных задач // Журн. вычислительной математики и математической физики. 2011. Т. 51, № 8. С. 1376–1389.
6. Писарев А. С. Применение многоагентных технологий и эвристических методов в задачах нечеткой многокритериальной оптимизации // Материалы конф. «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2012), 2012. С. 233.
7. Писарев А. С. Применение эвристических методов в решении прямых и обратных задач // SCM-2012 Saint-Petersburg, 25–27 June 2012.
8. FlyEx, the quantitative atlas on segmentation gene expression at cellular resolution / A. Pisarev, E. Poustelnikova, M. Samsonova, J. Reinitz // Nucl. Acids Res. 2009. 37. P. 560–566.
9. Технологии анализа данных. Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. 2-е изд. СПб.: БХВ-С.-Петербург, 2007.
10. Pisarev A., Samsonova M. A method for solution of the multi-objective inverse problems under uncertainty // Biofizika(Rus). 2013. № 2 (58). С. 221–232.

A. S. Pisarev

APPLICATION OF THE MULTIAGENT TECHNOLOGIES AND HEURISTIC METHODS IN OPTIMIZATION PROBLEMS

Development of information system for the solution of global optimization problems with application of heuristic methods, multiagent technologies and cloud computing is considered.

Optimization problem, multiagent systems

УДК 621.3.049.77.001.2

С. Э. Миронов, А. О. Менько, Н. М. Сафьянников

ОСОБЫЕ СИТУАЦИИ ПРИ СЖАТИИ ТОПОЛОГИИ ФРАГМЕНТОВ СБИС С ИЗМЕНЕНИЕМ ФОРМЫ ТРАНЗИСТОРОВ

Описаны способы борьбы с чрезмерным изменением электрических характеристик схем при сжатии топологии с изменением формы транзисторов, обеспечивающим предельно плотную упаковку топологии фрагментов СБИС.

Технологически инвариантное проектирование топологии, изменение формы транзисторов, автоматизация

Изменение формы элементов при сжатии топологии. Наибольшая плотность упаковки топологии интегральных схем (одно из основных требований, предъявляемых к микроэлектронным проектам) достигается, когда в процессе ее обработки системами сжатия (минимизирующими расстояние между элементами в соответствии с проектными нормами и задаваемыми разработчиком ограничениями на расположение отдельных частей

топологии) затворы транзисторов (рис. 1, а) изменяют свою форму и “обвивают” контакты (рис. 1, б). При этом максимально возможная плотность упаковки достигается при длине образующихся на затворах коленец [см. лит.], равной $h_{\text{кл}}$ (рис. 1, б).

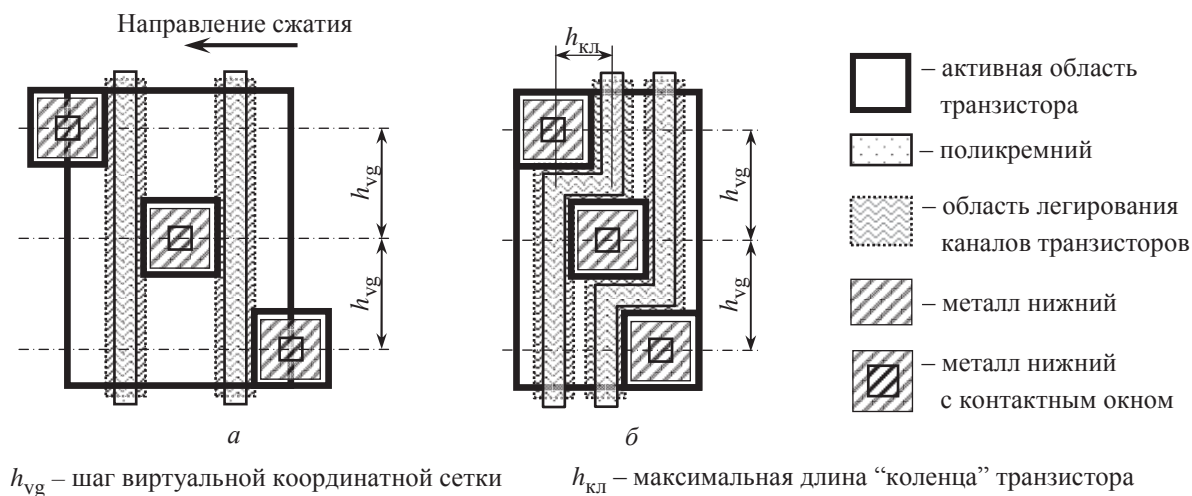


Рис. 1

Автоматическое изменение формы транзисторов при сжатии топологии выполняется в несколько этапов, во время которых осуществляется взаимное смещение элементов, в том числе с возникновением коленец на соединительных шинах и затворах транзисторов. Причем, если для шин это не влечет за собой серьезных последствий, то образование коленца на затворе транзистора приведет к увеличению не только проводимости его канала, но и его входной (затворной) емкости. В связи с этим длину таких коленец нужно ограничивать. Еще одной ситуацией, возникающей при сжатии топологии, может быть чрезмерное увеличение ширин каналов транзисторов не из-за образования на затворах коленец, а вследствие растяжения затворов. Рассмотрению способов борьбы с описанными изменениями ширин каналов транзисторов и посвящена данная статья.

Сжатие топологии с изменением формы транзисторов. В процессе сжатия элементы топологии смещаются в направлении сжатия, приближаясь к ранее сжатой части топологии настолько, насколько позволяют проектные нормы на минимально допустимые расстояния между соответствующими элементами топологического чертежа.

Сжатие топологии осуществляется последовательно вдоль каждой из осей координат соответственно по строкам или по столбцам виртуальной координатной сетки.

После каждого сжатия осуществляется процесс “выпрямления конструктива”, заключающийся в коррекции положения чрезмерно смещенных элементов топологии, например в ликвидации петель, возникающих на шинах при сжатии (рис. 2).

Процесс выпрямления конструктива сходен с собственно сжатием. Разница между ними состоит в том, что смещение элементов топологии осуществляется в пределах габаритов, полученных в результате сжатия ячеек, в обратном сжатию направлении и без образования новых петель и коленец затворов транзисторов и шин.

Регулировка размера затворов транзисторов. В качестве примера на рис. 3 приведена исходная топология инвертора, а на рис. 4 – результаты нескольких этапов ее сжатия с изменением формы затворов транзисторов, иллюстрирующие механизм регулировки

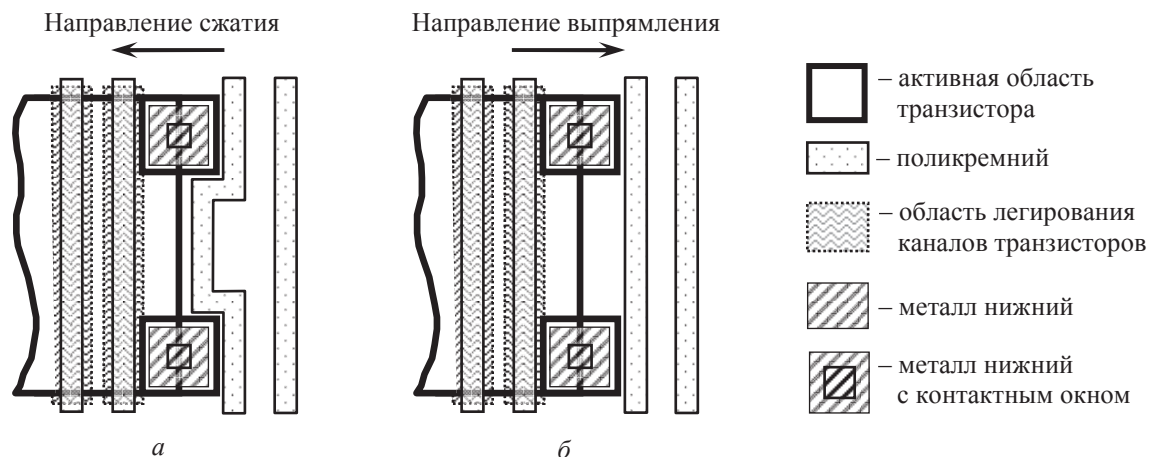


Рис. 2

длины коленец на затворах. Области легирования каналов транзисторов во избежание загромождения топологических чертежей на рисунках больше не приводятся.

На рис. 4, а, представлены результаты сжатия исходной топологии на этапе, предшествующем изменению формы затворов, расположенных на линии виртуальной координатной сетки $x = 2,5$. Смещение частей поликремниевых шин и затворов начинается с нижних элементов топологии, и после прохода снизу вверх по расположенным на этой виртуальной абсциссе элементам получается топология, изображенная на рис. 4, б.

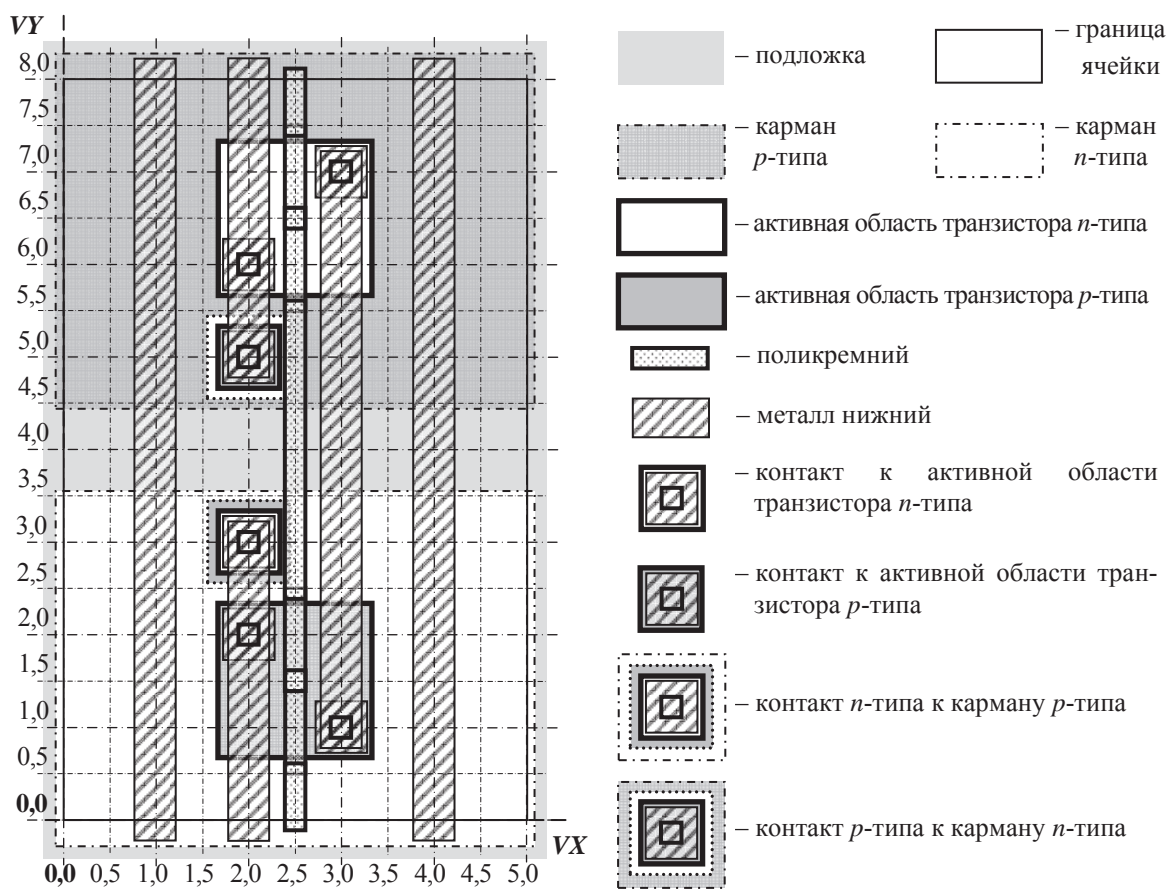


Рис. 3

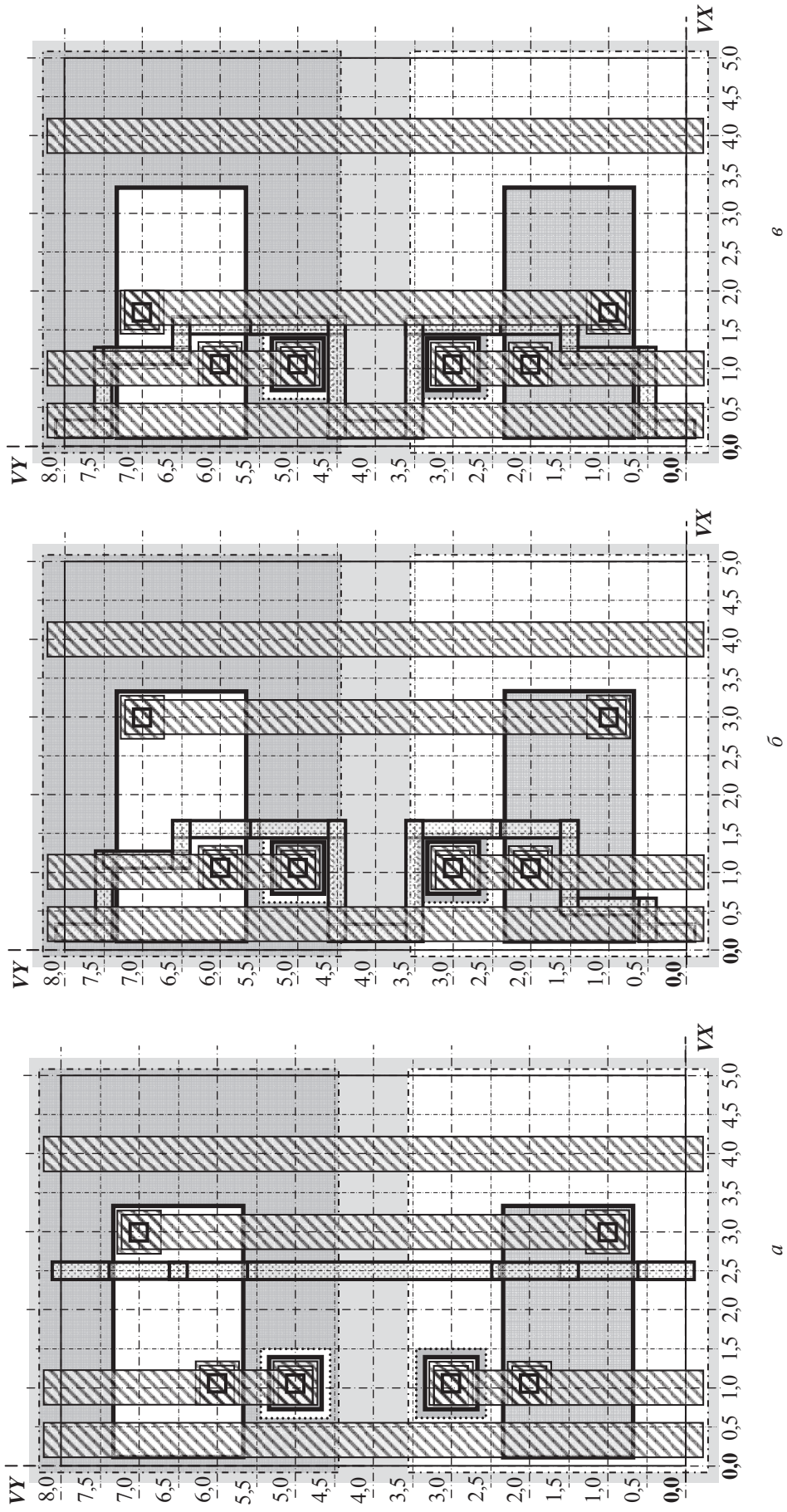


Рис. 4

Как видно из рисунка, вертикальные отрезки поликремниевых шин с ординатами $[0,0-0,5]$, $[3,5-4,5]$ и $[7,5-8,0]$ смещаются к левой границе фрагмента, а на их краях образуются коленца, соединяющие их с вертикальными отрезками соединительных шин и затворов, смещение которых было ограничено проектными нормами и соглашением о максимально допустимом размере коленец затворов.

Примечательно, что на рис. 4, б ограничению на размер коленца затвора (не больше $h_{кл}$) соответствует лишь коленце транзистора n -типа, расположенное на линии координатной сетки $y = 6,5$. На линии же $y = 1,5$ длина коленца превышает допустимую.

Это связано с тем, что при сжатии, начиная с нижних элементов топологии, нижняя секция затвора транзистора p -типа смещается без учета положения верхней секции, которой смещение еще только предстоит. Однако когда дело доходит до верхней секции затвора, выясняется, что ее смещению препятствует контакт к активной области транзистора p -типа на линии $y = 2,0$. У расположенного выше транзистора n -типа подобных проблем не возникает, так как у него вторая по порядку рассмотрения (верхняя) секция затвора смещается дальше (левее) предыдущей (нижней), которая «упирается» в контакт к активной области транзистора n -типа, расположенный на линии координатной сетки $y = 6,0$. Это позволяет ограничить смещение верхней секции и длину образующегося при этом коленца требуемыми размерами.

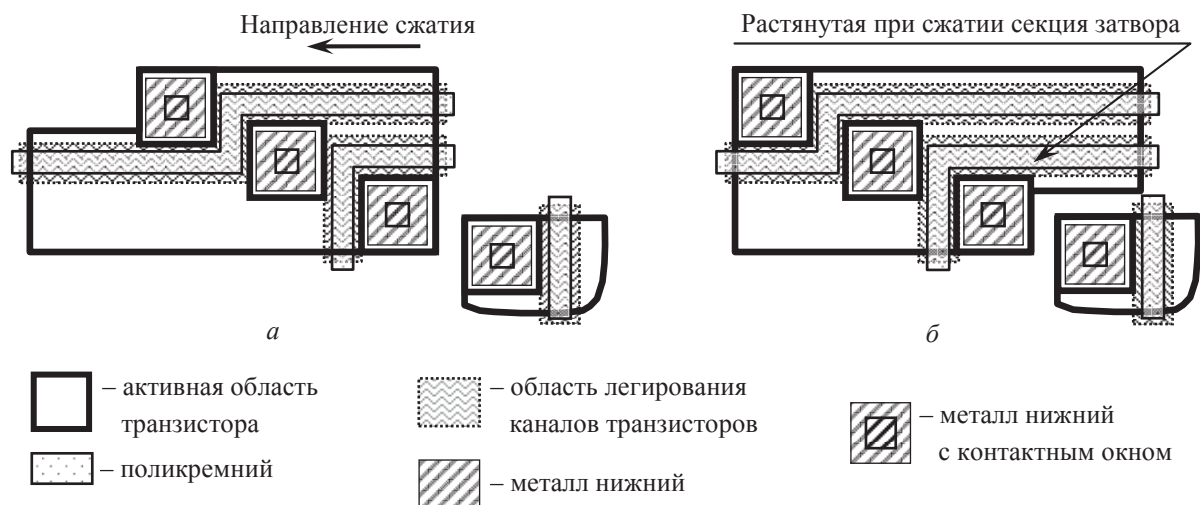


Рис. 5

Скорректировать длину чрезмерно растянувшегося коленца затвора транзистора p -типа можно, пройдя по элементам с виртуальной абсциссой $x = 2,5$ сверху вниз. При этом нижняя секция затвора транзистора p -типа сместится вправо, сократив длину коленца до значения $h_{кл}$ (рис. 4, в).

Аналогичные ситуации могут возникать и при чрезмерном растяжении секций затворов транзисторов (рис. 5), ориентация которых совпадает с направлением сжатия.

Таким образом, для коррекции искаженных при сжатии топологии затворов транзисторов требуется лишь повторный анализ взаимного расположения секций затворов, выполненный в очередности обратной той, что была при сжатии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Миронов С. Э., Горбовский А. И. Организация конструктива, уменьшающая сложность сжатия топологии фрагментов КМОП БИС с изменением формы транзисторов // Изв. СПбГЭТУ “ЛЭТИ”. Сер. “Информатика, управление и компьютерные технологии”. 2004. Вып. 1. С. 59–63.

S. E. Mironov, A. O. Mon'ko, N. M. Safiannikov

SPECIAL SITUATIONS WHEN YOU COMPACT A VLSI FRAGMENTS LAYOUT WITH CHANGING FORMS OF TRANSISTORS

The article describes the ways to deal with excessive change in electrical circuits' characteristics, when you compact a VLSI fragments layout with changing forms of transistors, which ensures extremely dense packing of VLSI fragments layout.

Process tolerant design of layout, transistors form change, automation