

ЗАДАЧА МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ В ЛИТОГРАФИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Е.Н. Ивашов, М.Ю. Корпачев, П.С. Костомаров
Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ
E-mail: Pavel.Kostomarov@gmail.com

Рассмотрено решение задачи морфологической фильтрации одномерной функции $f(x)$ как задачу поиска экстремума функционала штрафа в литографической технологии для опто- и нанoeлектроники (ЛТОН). Простейшая реализация решения данной задачи методом динамического программирования (ДП) основана на использовании двумерного аккумулятора $A(x, l)$ размера $(N - 1) \times M$, где M – количество элементов дискретизации области значений рассматриваемой функции [1].

Алгоритм позволяет также решить задачу кусочно-постоянной сегментации, если изменить критерий качества решения на следующий:

$$\Delta Q(L(x_{i-1}), L(x_i)) = \{0, \text{если } L(x_{i-1}) = L(x_i), 1, \text{если } L(x_{i-1}) \neq L(x_i)\}.$$

Иными словами, штрафной функционал качества решения Q в этом случае будет иметь значение, равное числу переходов от одной области постоянного значения к другой. Если при этом выбрать весовой коэффициент α достаточно большим, то любое изменение значения $L(x)$ будет оплачиваться столь дорогим «штрафом», что оно окажется оправданным лишь при достаточно сильном соответствующем уменьшении критерия соответствия $J(f(x), L(x))$.

На рис. 1 представлены примеры применения одномерных операторов проективной морфологической сегментации с различными параметрами сглаживания ЛТОН.

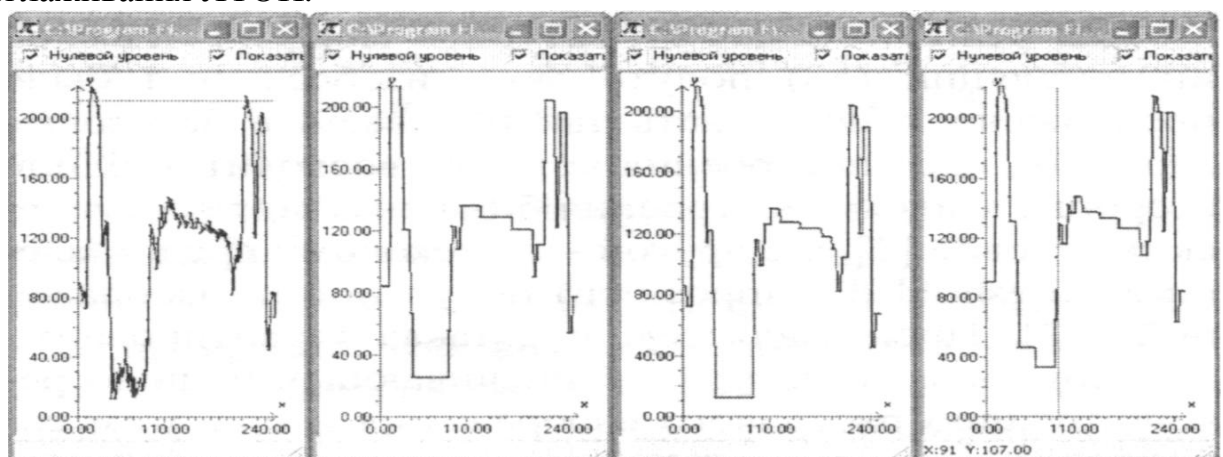


Рис. 1. Слева – исходная функция, далее результаты применения операторов ДП-сегментации

Если к любой одномерной функции $f(x)$ применить среднеквадратичную ДП-фильтрацию или ДП-фильтрацию по критерию

минимума расстояния с некоторым α , то любая дальнейшая ДП-фильтрация с тем же α более не изменяет полученное решение.

Рассмотрим практическое применение фильтрации и сегментации в иммерсионной ультрафиолетовой литографии (ИУФЛ).

Коррекция оптического эффекта близости – это комплекс методов улучшения разрешающей способности, заключающийся в корректировке фильтрации и сегментации топологии СБИС на стадии проектирования. Топология разбивается на примитивы (фрагментируется), которые корректируются либо по заранее определенным правилам «rule based OPC» (ROPC), либо по результатам литографического моделирования «model based OPC» (MOPC) [2].

MOPC – более сложный метод, который включает литографическое моделирование, полученных после фрагментации геометрических примитивов (рис. 2). Результат такого моделирования сравнивается с первоначальной топологией, и, в случае появления несоответствия, примитив корректируется фильтруется в этих местах. Этот процесс итерационно повторяется до момента выполнения условий оптимальности при заданных допусках.

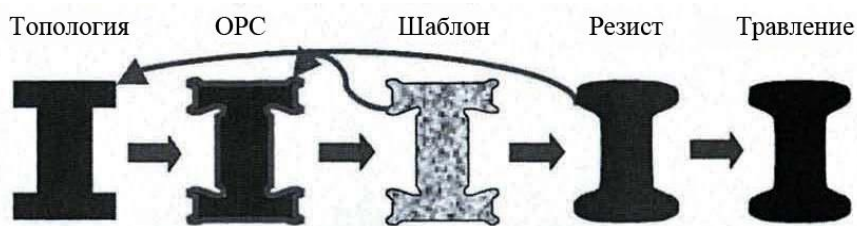


Рис. 2. Пример применения литографического моделирования MOPC

Применение MOPC позволяет существенно расширить возможности литографического процесса, однако является сложным в использовании, требующим наличия специальных дорогостоящих САПР и вычислительных кластерных комплексов. В случае ROPC топология анализируется при помощи САПР на предмет соответствия заранее определенным правилам расстановки корректирующих элементов. Количество правил зависит от типа топологии (память, логика), топографии (рельефа нижележащих слоев), количества типов фигур OPC, их типоразмеров и применяемого технологического оборудования.

1. Визильтер Ю.В. Обобщенная проективная морфология / Компьютерная оптика. – Том 32, № 4 ÷ 2008 С. 384 – 399.
2. Родионов И.А. Исследование влияния параметров технологического процесса литографии на минимальные критические размеры элементов, получаемых на кремниевой пластине // Научно-технические системы 2007: Сборник трудов 9-ой Всероссийской научно-технической конференции. М. 2007. С. 219 – 224.