

ОСОБЕННОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ДЕФЕКТОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ КОНТРОЛЕ

Лапко А. В.

Кафедра инженерной психологии и эргономики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

В работе рассматриваются особенности классификации дефектов, возникающих при производстве полупроводниковой пластины, а также классификации, основанной на учете размеров дефекта, влияния дефекта на сформированную топологию пластины, причине возникновения дефекта или на цифровых параметрах, необходимых для автоматизированных систем, которые отличают дефектные области от бездефектных.

Введение

В процессе производства, полупроводниковые пластины подвергаются многочисленным воздействиям. Среди всего прочего, слои пластины могут добавляться, отшлифовываться, полироваться, удаляться, вытравливаться и очищаться. После каждого процесса обработки пластины, она должна быть проверена, чтобы убедиться, что предыдущий процесс был завершен с допустимым уровнем погрешности. Многочисленные операционные переменные (такие как длительность обработки, давление газа, концентрация веществ, температура обработки и т.д.) каждого процесса производимого над пластиной должны быть сохранены, чтобы при необходимости любые изменения какой-либо переменной могли быть быстро идентифицированы и проверены на предмет потенциальной взаимосвязи с возникшим дефектом при контроле пластины после обработки [1].

Характеристики дефектов могут быть использованы, чтобы определить их влияние на процессы полупроводникового производства и на показатели готового устройства (тепловые характеристики, электрические показатели устройства, параметры производительности).

I. Базовая размерная классификация дефектов

Одновременно с совершенствованием технологического процесса и уменьшением формируемых на пластине элементов, уменьшаются и возникающие погрешности. Вследствие случайного положения таких «физических дефектов, вызываемые ими искажения топологического рисунка могут быть весьма разнообразными. Таким образом, по размерам и характеру распределения по площади пластины дефекты могут быть подразделены на микродефекты и макродефекты.

Микродефекты – это дефекты, связанные с нарушением топологического рисунка слоя на площади, характерный размер которой меньше

или сравним с минимальным (или проектным) размером топологического элемента на данном слое или с расстоянием между соседними топологическими элементами. Распределение микродефектов по площади пластины носит случайный характер.

Макродефекты – это обширные нарушения топологии, вызванные одной причиной и локализованные на площади, характерный размер которой существенно превышает минимальный размер топологического элемента на данном слое [2].

II. Топологическая классификация дефектов

Рассматриваемая далее классификация в некоторой степени не учитывает причины возникновения дефектов и описывает конечный результат взаимодействия «физических дефектов с топологией слоя, т.е. направлена на описание свойств объекта (кристалла) после проведения технологической операции формирования топологического рисунка. Она позволяет независимо от топологии слоя характеризовать состояние дефектности схем различной степени интеграции и в то же время для каждого конкретного слоя позволяет установить взаимосвязь «физическо-гос уровня дефектности с конкретными и характерными топологическими дефектами.

Микродефекты можно разбить на следующие виды в зависимости от их топологических особенностей:

- замыкание соседних элементов топологии;
- обрыв (нарушение сплошности) топологического элемента;
- нарушение формы топологического элемента, включая выступы и вырывы;
- включения – инородные включения в материал слоя;
- внешнее загрязнение в виде инородного материала на поверхности слоя;
- поры или проколы в материале слоя;

- ложные элементы – остатки материала слоя в вытравленных областях;
- отсутствие элементов (элемента) слоя.

Следует отметить, что дефекты, связанные с отклонением размера от номинала и с превышением допуска по совмещению, т.е. изменения элементов, происходящие по всей площади кристалла, к локальным дефектам не относятся и считаются технологическим браком.

III. Классификация дефектов по причине возникновения

Макродефекты проявляются, как протяженные области площади кристалла, где в той или иной степени нарушена топология элементов. Их классификация может быть основана на причинах, их вызвавших. Эти дефекты, как правило, связаны с особенностями или нарушениями при проведении технологических операций формирования топологического рисунка [2]. К ним можно отнести:

- царапины;
- крупные инородные включения или загрязнения в виде тонких пленок;
- перетравы и недотравы приводящие к изменению формы и/или линейных размеров элементов.

IV. Классификация дефектов при автоматизированном контроле пластины

С точки зрения автоматизированного обнаружения дефектов необходимо перейти от приведенной выше «физической» классификации дефектов к классификации, основанной на признаках или характеристиках, отличающих дефектные области от бездефектных. Анализ природы дефектов полупроводниковых пластин показывает, что можно предложить следующие признаки, характеризующие дефекты:

- наличие «аномалий» интенсивности; (как по диапазону длин волн, так и по пространственному распределению)
- наличие «аномалий» ориентации контуров элементов;
- наличие «аномалий» в спектре пространственных частот.

Под аномалией понимается наличие на фрагменте изображения неразрешенных значений указанных характеристик. Например, наличие областей с коэффициентом отражения света отличным от коэффициентов отражения топологического слоя и подстилающей поверхности, наличие контуров с ориентацией, недопустимой по нормам проектирования и т.д. В качестве примера на рисунках 1–2 показаны типичные дефекты двух классов. Предложенная классификация дефектов в одинаковой мере применима к макро- и микродефектам. Макродефектом может быть внешнее загрязнение на рисунке 1. Такой макродефект может быть обнаружен по отклонению интенсивности. Микродефектом может быть на-

рушение геометрии типа «вырыв» (рисунок 2), который обнаруживается по аномальной ориентации контура элемента.

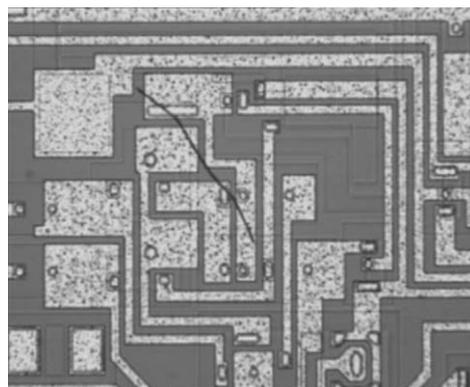


Рис. 1 – Пример дефекта класса «Аномалия интенсивности» типа «внешнее загрязнение»

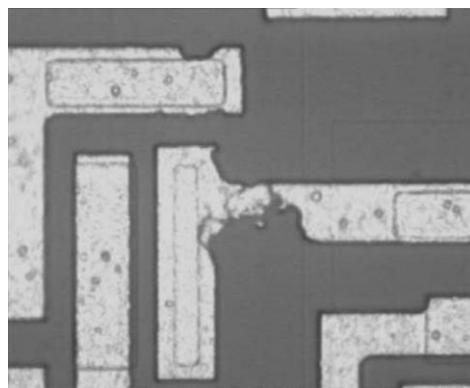


Рис. 2 – Пример дефекта класса «Аномалия контуров» типа «вырыв», нарушение геометрии

Заключение

Точно сформированная классификация дефектов полупроводниковых пластин способна систематизировать возникающие погрешности, в зависимости от текущего этапа производства, вида производимых измерений, особенностей технологического процесса и множества других параметров. Что в свою очередь делает более простым процесс идентификации источника дефекта и позволяет увеличить процент выхода годных изделий, а также формирует наиболее точные требования для разработки контрольно-измерительного оборудования.

Список литературы

1. User interface for wafer data analysis and visualization / Lam Research Corp. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/US7945085>. – Дата доступа: 25.09.2019.
2. Аваков, С. М. Методы детектирования и классификации макродефектов поверхности полупроводниковых пластин с топологией и их реализация в оборудовании для автоматического контроля // Сборник тезисов докладов «Прецизионное оборудование и технологии производства изделий микро- и радиоэлектроники». – Минск, Беларусь. – 2004. – № 1. – С. 18–21.