# Данные для расчёта

Вариант № 2

1 Материал: ситалл СТ – 50.

2 Размеры заготовки: 60 × 48 мм.

3 Тип и размер платы: № 5, 24 × 30 мм.

4 Толщина платы: L = 0.35 мм.

5 Годовой план: N = 600000.

6 Выход годного по обработке: V1 = 81 %.

7 Выход годного: V2 = 92 %.

**Содержание**

Введение

1. Технология получения ситалла

2. Технология получения подложек

* 1. Резка слитков на пластины

2.2 Шлифовка и полировка

* 1. Расчёт

3. Технология получения плат

* 1. Скрайбирование
  2. Ломка пластин на платы

3.3 Расчёт

Список используемой литературы

**Введение**

К настоящему времени микроэлектроника сформировалась как генеральное схемотехническое и конструктивно-технологическое направление в создании средств вычислительной техники, радиотехники и автоматики. Микроэлектроника является важнейшим направлением в создании средств вычислительной техники, радиотехники и автоматики.

Основополагающая идея микроэлектроники—конструктивная интеграция элементов электронной схемы — объективно приводит к интеграции схемотехнических, конструкторских и технологических решений, которая выражается в тесной взаимосвязи и взаимообусловленности всех этапов проектирования интегральной микросхемы (ИМС). При этом главным связующим звеном всех этапов проектирования является задача обеспечения высокой надежности ИМС.

Конструктор определяет оптимальную топологию, выбирает материалы и технологические методы, обеспечивающие надежные электрические соединения, а также защиту от окружающей среды и механических воздействий с учетом технологических возможностей и ограничений. Подбирается наилучшая структура технологического процесса обработки и сборки, позволяющая максимально использовать отработанные, типовые процессы и обеспечивать высокую производительность труда, минимальные трудоемкость и стоимость с учетом конструкторских требований.

Для обеспечения качества и надежности ИМС должны быть разработаны методы контроля на всех этапах производства, в частности входного контроля основных и вспомогательных материалов и комплектующих изделий, контроля в процессе обработки, межоперационного контроля полуфабрикатов и выходного контроля готовых изделий.

Производство ИМС характеризуется сложными технологическими процессами и рядом дополнительных факторов, полный учет которых невозможен. Это качество основных и вспомогательных материалов, чистота технологических сред, климатические условия производства, степень очистки изделий от загрязнений, побочные эффекты и процессы при выполнении отдельных операций и др. Влияние этих факторов на качество и надежность ИМС обнаруживается на этапе внедрения и отладки технологического процесса. Это требует дополнительных исследований для ослабления или устранения вреда, наносимого этими факторами. Возникает необходимость в разработке новых технологических процессов с целью повышения качества и надежности ИМС, производительности и экономичности производства. Для этого учёные и инженеры должны сконцентрировать свое внимание на развитие техники и технологии, связанных с повышением производительности, и сокращении сроков создания и освоения новой техники.

Создание микросхем начинается с подготовки подложек. Применяют диэлектрические подложки квадратной или прямоугольной формы размерами до 10 см и толщиной 0,5 ...I мм. Подножки должны иметь высокую механическую прочность, хорошую теплопроводность, быть термостойкими, химически инертными к осаждаемым веществам, иметь хорошую адгезию к ним.

Для тонкопленочных микросхем важны гладкая поверхность и отсутствие газовыделения в вакууме. Необходимо, чтобы диэлектрические потери в подложках высокочастотных и СВЧ-микросхем были малы, а диэлектрическая проницаемость слабо зависела от температуры. Основным материалом подложек тонкопленочных микросхем является ситалл *—* кристаллическая разновидность стекла. Применяется также алюмооксидная керамика *—* смесь окислов в стекловидной и кристаллической фазах (основные компоненты Al2О3 и SiO2). Перед нанесением тонких пленок поверхность подложек должна быть тщательно очищена.

Для толстопленочных микросхем используют керамические подложки с относительно шероховатой поверхностью (высота неровностей порядка 1 мкм). Подложка должна обладать повышенной теплопроводностью, так как толстопленочная технология характерна для мощных гибридных микросхем. Поэтому применяют высокоглиноземистые (96 % Al2O3) и бериллиевые (99,5 % BeO) керамики.

Технологический процесс гибридных микросхем можно разделить на два этапа. Первый включает процессы формирования на подложках пассивных пленочных элементов и проводников соединений. В тонкопленочных микросхемах для этой цели применяют операции нанесения тонких пленок. Рисунок формируется непосредственно в процессе нанесения пленок с помощью накладных трафаретов либо в процессе фотолитографии. В толстопленочных микросхемах пассивные элементы создаются методом трафаретной печати. Основными достоинствами толстопленочной технологии являются простота, высокая производительность и малая стоимость, однако размеры элементов получаются значительно больше, а их плотность — существенно ниже, чем в тонкопленочной. В конце первого этапа на подложках формируют матрицу одинаковых структур, каждая из которых соответствует одной микросхеме, т. е. пассивные части микросхем создаются групповыми методами. Последовательность операций первого этапа определяется конкретной структурой гибридной микросхемы (тонко- или толстопленочная, набор пассивных элементов и др.).

Второй этап — контрольно-сборочный, начинается с контроля пассивных элементов на подложках. Достаточно большие размеры элементов позволяют осуществлять подгонку их параметров, например, с помощью лазера. В толстопленочных микросхемах подгонка обязательна во всех случаях, так как точность воспроизведения параметров элементов мала. Далее производят разрезание подложек, установку их в корпуса, монтаж дискретных компонентов, соединение контактных площадок подложек с выводами корпуса, герметизацию корпуса, контроль и испытания. Контрольно-сборочные операции индивидуальны для каждой микросхемы и в основном (на 70 ...80 %) определяют трудоемкость изготовления и стоимость.

1. **Технология получения ситалла**

Стремление избавиться от главных недостатков стекла, повысить его устойчивость к механическим и термическим воздействиям привело к созданию за счет управляемой кристаллизации нового стеклокристаллического материала — ситалла*.*

Ситаллы изготовляют на основе неорганических стекол путем их полной или частичной управляемой кристаллизации. Термин «ситаллы» образован из слов: стекло и кристаллы. По структуре и технологии получения ситаллы занимают промежуточное положение между обычным стеклом и' керамикой. От неорганических стекол они отличаются кристаллическим строением, а от керамических материалов — более мелкозернистой и однородной микрокристаллической структурой. По многим параметрам ситалл превосходит стекло и композиции на основе стекла. Недостатком ситалла является меньшая химическая стойкость — следствие неоднородной структуры и наличия оксидов щелочных металлов. Из-за рассеяния света на границах кристаллитов ситаллы в слое 0,35... 1 мм уже непрозрачны. От керамики ситаллы отличаются хорошей обрабатываемостью, отсутствием пористости, меньшей стоимостью. Ситаллы марок Ст32, Ст38, Ст50 (цифра обозначает значение ТКЛР) в виде полированных пластин толщиной 0,35... 1 мм размером 60Х Х48 мм являются основным материалом подложек тонкопленочных ГИС.

В процессе кристаллизации стекла наиболее существенно изменяются следующие его свойства:

1 Растет механическая прочность, особенно заметно при испытании на изгиб. Причина состоит в том, что поверхностные трещины, наталкиваясь на кристаллиты, не могут развиваться так интенсивно, как в стекле.

2 Повышается нагревостойкость и температура начала деформации, так как диапазон температур размягчение-плавление значительно сужается по сравнению со стеклами.

3 Появляется дополнительное средство регулирования свойств.

Термин «ситаллы» образован из слов: стекло и кристаллы. За рубежом их называют стеклокерамикой, пирокерамами. По структуре и технологии получения ситаллы занимают промежуточное положение между обычным стеклом и керамикой. От неорганических стекол они отличаются кристаллическим строением, а от керамических материалов — более мелкозернистой и однородной микрокристаллической структурой.

Получаются ситаллы путем плавления стекольной шихты специального состава с добавкой нуклеаторов (катализаторов), охлаждения расплава до В состав стекла, применяемого для получения ситаллов, входят окислы Li2O, Аl2О3, SiO2, MgO, CaO и др.; кроме того, добавляются катализаторы кристаллизации (нуклеаторы). К ним относятся соли светочувствительных металлов Au, Ag, Си или фтористые и фосфатные соединения, TiO2 и др. Нуклеаторы добавляют при плавлении стекольной шихты, далее расплав охлаждают до пластичного состояния, а затем формируют из него изделия методами стекольной технологии, после чего производится ситаллизация (кристаллизация).

В зависимости от способа получения ситаллы делятся на фотоситаллы и термоситаллы.

Фотоситаллы получают из стекол литиевой системы с нуклеаторами — коллоидными красителями. В расплавленном стекле (Тпл = 1250 — 1600° С), нуклеаторы находятся в виде ионов, выделяющихся из соответствующих окислов. Центрами кристаллизации являются мельчайшие частицы металлов. Для инициирования фотохимический реакции стекло облучают ультрафиолетовыми или рентгеновскими лучами. При термообработке происходит рост и образование кристаллов вокруг металлических частиц. Одновременно при проявлении (низкотемпературной обработке) материал приобретает определенную окраску.

Процесс кристаллизации происходит в две стадии: вначале при температурах, близких к Тc, происходит образование зародышей кристаллов, которые растут до определенных размеров и вызывают кристаллизацию других фаз в стекле. В результате образуется жесткий кристаллический каркас, препятствующий деформированию изделия и позволяющий вести дальнейший процесс при более высокой температуре (900—1100° С). На этой стадии изделия полностью и равномерно закристаллизовываются.

Термоситаллы получаются из стекол, систем MgO — Al2O3 — SiO2, CaO — А12O3 — SiO2 и других с добавкой TiO2, FeS и т. п. нуклеаторов. Стекломассу подвергают двух ступенчатой термообработке. На первой ступени обработки образуются и растут зародыши кристаллизации, создающие упрочняющий изделие каркас, при температуре равной 500 – 700 градусов Цельсия. На второй ступени при более высокой температуре (900 – 1100 градусов Цельсия) происходит окончательная кристаллизация стекла. Когда процесс ситаллизации закончен, детали охлаждают до комнатной температуры.

Структура ситаллов многофазная, состоит из зерен одной или нескольких кристаллических фаз, скрепленных между собой стекловидной прослойкой. Содержание кристаллической фазы колеблется от 30 до 95%. Размер оптимально развитых кристаллов обычно не превышает 1—2 мкм. По внешнему виду ситаллы могут быть непрозрачными и прозрачными (количество стеклофазы до 40%).

Свойства ситаллов определяются структурой и фазовым составом. Причина ценных свойств ситаллов заключается в их исключительной мелкозернистости, почти идеальной поликристаллической структуре. Свойства ситалла изотропны. В них совершенно отсутствует всякая пористость. Усадка при кристаллизации – до 2 %. Большая абразивная стойкость делает их малочувствительными к поверхностным дефектам. Стеклокристаллические материалы обладают высокой химической устойчивостью к кислотам и щелочам, не окисляются даже при высоких температурах. Они газонепроницаемы и обладают нулевым водопоглощением. Ситаллы относят к хрупким материалам, по твердости они приближаются к стали.

Свойства ситаллов:

1 Плотность 2.3 – 2.8 Мг/ м3

2 Водопоглощение 0.01%

3 Температурный коэффициент

линейного расширения (12-120) ·10-7 1/град

4 Удельная теплопроводность 7,4 — 16,9 ккал/(м·ч·град)

5 Температура текучести 750-1350° С.

6 Предел прочности при изгибе 50-260 МПа.

7 Электрическая прочность 25-75 МВ/м

8 Высокая термостойкость 500 - 900° С

Многие ситаллы обладают высокой химической стойкостью к действию сильных кислот и щелочей. Доступность сырья и невысокая технология получения обеспечивают невысокую стоимость изделия. По техническому назначению ситаллы можно подразделить на установочные и конденсаторные. Установочные ситаллы используют в качестве подножек ГИМ и дискретных пассивных элементов (н., тонкопленочных резисторов), деталей СВЧ- приборов и некоторых типов электронных ламп. Достоинством ситалловых конденсаторов являются повышенная электрическая прочность по сравнению с керамическими конденсаторами.

**2. Технология получения подложек**

**2.1 Резка слитков на пластины**

Для изготовления микросхем монокристаллический слиток ситалла должен быть разрезан на пластины. Для этого в качестве режущего инструмента применяют металлические диски с внутренней алмазной режущей кромкой (рис. 2.3). Толщина диска '0,1 ... ...0,15 мм. Слиток закрепляется на специальной оправке приклеиванием либо торца, либо цилиндрической поверхности. Способ резки зависит от вида крепления слитка (рис. 2.4,а, б). Режущий инструмент (диск) растягивается и закрепляется в специальном барабане на головке шпинделя станка для резки. Слиток разрезается кромкой с алмазной .крошкой при вращении шпинделя. Частота вращения шпинделя составляет 3000 ... 5000 об./мин. Скорость подачи слитка перпендикулярно оси режущего диска составляет 40... 50 мм/мин (для слитков диаметром более 60 мм—не более 20 ... 30 мм/мин). После отрезания очередной пластины с помощью автоматической системы происходит возврат слитка в исходное положение, а также перемещение его на заданный шаг.

Устройство для закрепления слитка позволяет поворачивать слиток в горизонтальной и вертикальной плоскостях на требуемые углы по отношению к плоскости вращения алмазного диска и тем самым обеспечивает ориентированную резку. Станок снабжен системой подачи воды для охлаждения режущего диска и вымывания отходов резки.



1 Металлический диск

2 Покрытие из алмазной крошки

Рисунок 1 – Диск с алмазным покрытием для резки монокристаллов.



1 Барабан

2 Диск

3 Алмазное покрытие

4 Оправка

5 Пластина

6 Слиток

Рисунок 2 – Способы резки слитков.

а) внутренний

б) гребенчатый



#### 1 Дозирующее устройство с абразивной суспензией

2 Грузы

3 Головка

4 Пластины

5 Шлифовальщик

6 Направляющий ролик

Рисунок 3 – Схема плоскошлифовального станка и расположения головок.

**2.2 Шлифовка и полировка**

Поверхность пластин кремния, получаемых после резки, не удовлетворяет требованиям, которые предъявляются к качеству поверхности в планарной технологии. Исследованиями на электронографе установлено наличие приповерхностных слоев, не имеющих монокристаллической структуры. Это механические нарушенные слои, возникающие в результате воздействия абразивного материала, и лежащие под ними слои с большими механическими напряжениями. Толщина нарушенного слоя после резки диском составляет 10…30 мкм в зависимости от скорости вращения диска. А по требованиям технологии производства микронеровности на поверхности не должны превышать 0,02…0,1 мкм.

Шлифовка и полировка пластин производятся на плоскошлифовальных станках (см. рис. 3). В зависимости от типа используемого микропорошка выбирается материал поверхности шлифовальника. Для микропорошков М14…М5, используемых при шлифовке пластин, применяют стеклянный шлифовальник, при полировке алмазными микропорошками – специальные шлифовальники с поверхностью из тканевых материалов. При обработке пластин на рабочий шлифовальник устанавливаются три головки с наклеенными пластинами. Головки удерживаются от перемещения по шлифовальнику специальными направляющими кронштейнами с опорными роликами. За счет силы трения, возникающей между соприкасающимися поверхностями рабочего шлифовальника и головок, последние получают вращение вокруг своих осей. Это вращение головок создает условия для более равномерного шлифования или полирования.

При шлифование микропорошками М14…М5 используют водные суспензии с соотношением воды к абразиву 3 : 1. Поэтому в станке для шлифовки предусмотрены мешалка для перемешивания абразивной суспензии и капельница для ее дозирования. При полировке пластин алмазными микропорошками вместо водной суспензии используются смеси, приготовленные на основе масла МВП, или специальные алмазные пасты.

Принята определенная последовательность операций при механической обработке пластин, при которой учитывается, что толщина снимаемого слоя на каждой операции должна превышать толщину нарушенного слоя, образованного на предыдущей операции.

Таблица 1 – Последовательность операций шлифовки и полировки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип микропорошка | Толщина нарушенного слоя, мкм | Скорость удаления материала, мкм/мин |
| М 14 | 20…30 | 3 |
| М 10 | 15…25 | 1.5 |
| АСМ 3/2 | 9…1 | 0.5…1 |
| АСМ 1/0.5 | 5…7 | 0.35 |

При изготовлении пластины шлифуются с двух сторон, а полируются только с рабочей стороны.В целом механическая обработка пластин, удовлетворяющих требованиям технологии, приводит к большим потерям материала.

Важное значение имеет оптимизация процесса механической обработки с целью снижения временных затрат. Общее время обработки может быть снижено правильным выбором набора абразивных материалов и числа стадий обработки.

**2.3 Расчёт**

1 *Определение суммарного припуска на механическую обработку*.

Расчётная формула:

Z = Zгр.шл. + Zт. шл .+ Zпр.пол.+ Zф.пол. (1)

где Z — суммарный припуск на механическую обработку;

Zгр.шл — припуск на грубую шлифовку;

Zт.шл — припуск на точную шлифовку;

Zпр.пол — припуск на предварительную полировку;

Zф.пол — припуск на финишную полировку.

Данные по припускам берем из таблицы 1:

Zгр.шл =25 мкм;

Zт.шл = 20 мкм;

Zпр.пол = 6 мкм;

Zф.пол = 5мкм.

Z = 25 + 20 + 9 + 5 = 59 мкм.

2 *Определение исходной толщины заготовки.*

Расчётная формула:

L= L+ Z (2)



где L=0.35мм,

Z =56 мкм — суммарный припуск на механическую обработку.

L = 0.35 + 0.059 = 0.409 мм.



3 *Определение массы заготовки*.

Расчётная формула:

m = ρ · L· S (3)



где ρ = (2.3…3)·103 кг/м3 – плотность ситалла,

m = 3·103 · 60 · 48 · 0.409 · 10-9 = 0.0035 кг.



4 *Определение массы платы.*

m = ρ · L· S (4)

m = 3·103 · 24 · 30 · 0.35 · 10-9 = 7.5·10-4 кг.

**3. Технология получения плат**

**3.1 Скрайбирование**

Пластины на отдельные кристаллы разделяют путем скрайбирования и последующей ломки.

Метод скрайбирования заключается в нанесении на поверхность пластины со стороны структур рисок резцом в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Риски делают шириной 20 — 40 мкм и глубиной 10 — 15 мкм. Под рисками образуются напряженные области, и при слабом механическом воздействии подножка разламывается по нанесенным рискам.

Механическое скрайбирование.

При механическом скрайбировании отсутствуют пропилы в пластине, ширина риски мала, высока производительность, возможна быстрая переналадка установки с одного размера кристалла на другой. Однако точность геометрических размеров кристаллов после ломки невысока, что обусловлено анизотропией механических свойств монокристаллической пластины (плоскость скола кристалла располагается под углом к исходной плоскости пластины); кроме того, качество ломки зависит от соотношения между шириной и толщиной кристалла. Последнее приобретает особое значение в связи с тенденцией увеличивать диаметр пластин и связанным с этим увеличением их толщины. Это при неизменной глубине рисок приводит к повышению брака на операции ломки. Глубокие риски при механическом скрайбировании получают путем увеличения нагрузки на резец, что сопряжено со значительным снижением стойкости резцов и расширением дефектной зоны, т. е. потерей полезной площади пластины.

В установке для скрайбирования столикс пластиной совершает возвратно-поступательные движения относительно резца*.* При прямом ходе резец наносит риску по всей длине пластины. При обратном ходе резец приподнимается, пропуская столик с пластиной, а стол осуществляет поперечную подачу на шаг. После нанесения всех рисок в одном направлении столик с пластиной поворачивают на 90° и наносят систему поперечных рисок.

В качестве режущего инструмента используют резцы в виде трехгранной или четырехгранной пирамиды из натурального или синтетического алмаза, ребра которых используют попеременно для нанесения рисок. Для ситалла можно использовать стеклорезы, режущая часть которых выполнена по форме четырехгранной усеченной пирамиды. Нагрузка на резец в этом случае 1,5—2,5 Н. Средняя стойкость режущего ребра ~ 3500 резов. Т. к. из-за наличия окисла на пластине нагрузка на резец увеличивается, что ведет к преждевременному износу, нужно по границам кристаллов делать зоны без покрытия (ширина 50 – 75 мкм).

Алмазный резец может заменяться вращающимся алмазным диском с частотой вращения около 20000об./мин. Ширина области разрезания составляет 20-70 мкм.

Достоинства и недостатки механического скрайбирования:

1. Отсутствуют пропилы в пластине.
2. Ширина риски мала.
3. Высокая производительность.
4. Возможность быстрой переналадки установки с одного размера кристалла на другой.
5. Для получения глубоких рисок требуется увеличение нагрузки на резец, что ведет к его износу и увеличению дефектной зоны (теряется полезная площадь пластины).

Лазерное скрайбирование.

Алмазный резец может быть заменен лучом лазера. При воздействии мощного сфокусированного (до 25 мкм) лазерного луча риски образуются испарением узкой полосы. Это позволяет в несколько раз повысить скорость резания по сравнению с механическим скрайбированием. При этом ширина разреза не превышает 30 мкм, а глубина разреза — 100 - 200 мкм. При лазерном скрайбировании можно выполнять многократные проходы (с перефокусировкой) вплоть до полного разделения пластины, что позволяет избежать ломки. Также отсутствуют сколы и микротрещины. Недостатком данного метода является необходимость защиты поверхности от частиц распыляемого материала.

Вспомогательные операции (установка и ориентация пластины, перефокусировка при повторных резах, установка режимов резания и др.) должны быть автоматизированы, т. к. скорость резки высока. Также автоматизация процесса обеспечивает безопасность оператора, у которого могут быть сильные ожоги из-за попадания луча установки.

**3.2 Ломка пластин на платы**

Ломка проскрайбированных пластин — весьма ответственная операция. При неправильном разламывании даже хорошо проскрайбированных пластин возникает брак: царапины, сколы, неправильная геометрическая форма кристаллов и т. п. В процессе ломки пластина лежит рисками вниз на гибкой опоре (резиновая подкладка), а стальные или резиновые валики диаметром 10 — 20 мм с небольшим давлением прокатывают пластину последовательно в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Разлом происходит вначале на полоски, а затем на отдельные прямоугольные или квадратные кристаллы. Движение валика должно осуществляться строго параллельно направлению скрайбирования для ломки по нанесенным рискам. Для избежания смещения полосок или отдельных кристаллов относительно друг друга между пластиной и роликом вводят эластичную тонкую пленку, что помогает сохранить исходную ориентацию кристаллов и исключить их произвольное разламывание и царапанье друг о друга. Для ломки проскрайбированных пластин используют различные установки, н., полуавтоматические установки ЭМ-202А, ПЛП-1 и др. Для производства СБИС и пластин диаметром до 150 мм применяют немеханические способы разделения (сквозное анизотропное травление, лазерная резка и т.п.).

* 1. Расчет

**1 Определение количества плат.**

Расчётная формула:

n = S / (a + c / 2) · (b + c / 2) (5)

где S = 60 · 48 = 2880 мм2 – площадь заготовки.

а х b = 24 х 30 мм – размеры платы.

c = 15 мкм – ширина риски (используется лазерное скрайбирование)

n = 2880 / (24 + 7.5·10-3) · (30 + 7.5·10-3) = 4.

**2 Определение расхода материала для выпуска годового плана.**

2.1 Определение количества сборок, запущенных на резку:

(6)



.



2.2 Определение количества заготовок, запущенных на обработку:



2.3 Определение исходной массы материала:

М=N2\* m



2.4 Определение полезной массы материала:

Mп=N\*m (9)



2.5 Определение коэффициента использования материала:

(10)



# Заключение

В курсовой работе был разработан технологический процесс для изготовления подложек интегральных микросхем из ситалла (СТ-50). При этом коэффициент использования материала для рассмотренных производственных условий составил 0,63.

**Список используемой литературы:**

1. “Материалы микроэлектронной техники” под ред. Андреева В. М., М.:Радио и связь, 1989, 352 стр.
2. Борзаков Ю. И. Карбань В. И. “Обработка монокристаллов в микроэлектронике” М.:Радио и связь, 1988, 105 стр.
3. Богородицкий Н.П. Пасынков В.В. “Электротехнические материалы”, Л.:Энергоиздат.,1985,304 стр.
4. Пасынков В. В. Сорокин В. С. “Материалы электронной техники”, М.:Высш. шк., 1986,367 стр.
5. Парфенов О. Д. “Технология микросхем”, М.:Высш. шк., 1986, 320 стр.