

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ МОНТАЖЕ КРИСТАЛЛОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Сафаров Р. В.

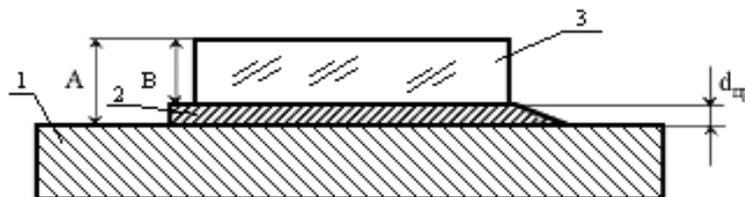
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Ланин В. Л. – д-р. техн. наук, профессор

Методы монтажа кристаллов на выводные рамки: пайкой эвтектическими сплавами или легкоплавкими припоями, приклеиванием, посадкой на токопроводящую композицию должны обеспечить высокую прочность соединений при термоциклировании и механических нагрузках, низкое электрическое и тепловое сопротивление, минимальное механическое воздействие на кристалл и отсутствие загрязнений.

Основными дефектами, возникающими при посадке кристалла на кристаллодержатель, являются неполное контактирование кристалла к основанию корпуса и механические напряжения в кристалле из-за несоответствия термических коэффициентов расширения (ТКР) материала выводной рамки и полупроводника. Неполное контактирование снижает механическую прочность и ухудшает условия отвода тепла вследствие увеличения теплового сопротивления в месте соединения кристалла и основания корпуса. Механические напряжения в приконтактной области приводят к образованию в ней микротрещин и к отказам полупроводниковых приборов.

Тепловую модель мощного транзистора с напаянным кристаллом на кристаллодержатель можно представить в виде трех многослойных параллелепипедов, которые имитируют кристалл с плоским источником тепла на его поверхности, слой припоя заданной толщины и участок кристаллодержателя, ограниченного размерами паяного соединения (рисунок 1) [1].



1 – кристаллодержатель, 2 – припой, 3 – кристалл

Рисунок 1 – Схема монтажа кристалла:

Тепловое сопротивление напаянного кристалла, исходя из упрощенной тепловой модели [2], можно определить по формуле:

$$R_{thjc} = \sum_{i=1}^3 R_{ti} = \frac{1}{\lambda_{Si}} \int_0^{L_{kp}} \left(\frac{dL}{b + LtgB} - \frac{dL}{a + LtgB} \right) + \frac{L_{np}}{\lambda_{np} \cdot S_{np}} + \frac{1}{\lambda_{Cb} (a-b)} \ln \frac{b+2L}{a+2L} \cdot \frac{a}{b} \quad (1)$$

где λ_{Si} , λ_{np} , λ_{Cb} - теплопроводность кристалла, припоя, кристаллодержателя; L_{Si} , L_{np} , L_{Cb} - толщина кристалла, припоя, кристаллодержателя; a и b - размеры источника тепла; tgB - тангенс угла растекания теплового потока.

Максимальное напряжение, возникающее при охлаждении кристалла, определяется формулой:

$$\sigma_{max} = K(\alpha_1 - \alpha_2)(T - T_0) \sqrt{\frac{E_1 E_2 L}{X}}, \quad (2)$$

где σ_{max} - максимальное напряжение; α_1 , α_2 - коэффициенты линейного термического расширения припоя и кремния; E_1 , E_2 - модули упругости припоя и кремния; T , T_0 - температуры пайки и окружающей среды; K - безразмерная константа.

Монтаж кристаллов с приложением вибраций амплитудой 0,5 – 1,0 мкм в плоскости основания позволяет обеспечить равномерное растекание припоя и до минимума свести дефекты в паяном соединении в виде пустот.

В крупносерийном производстве для присоединения кристаллов к корпусам полупроводниковых приборов широкой номенклатуры вибрационной пайкой применяют автомат ЭМ-4085-14М фирмы «ПЛАНАР» (Беларусь) (рисунок 2), в состав которого входят микропроцессорный контроллер, оптико-телевизионная система распознавания кристаллов, линейный шаговый двигатель перемещения кристаллов, двухкоординатный стол сварочной головки, магазинный механизм автоматической подачи корпусов [3]. Производительность автомата для пайки кристаллов размером от 1x1 до 5x5 мм составляет 2000, для посадки на клей - 3500 и на стеклоприпой - 600 кристаллов в час.

Автоматизированный процесс монтажа кристаллов на припой на автомате модели ЭМ-4085-14М обладает рядом особенностей, позволяющих осуществлять монтаж на выводные рамки из медного сплава, покрытые никелем. Нагреватель в автомате туннельного типа содержит 12 зон контролируемого и регулируемого нагрева до 450°C, блок формирования защитно– восстановительной атмосферы смешивает поступающие газы H₂ и N₂ в смесь 10:90 (формир-газ) для активирующего воздействия на процесс монтажа кристаллов.

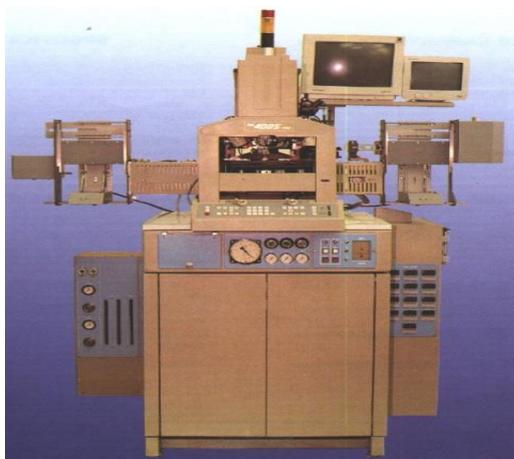


Рисунок 2 – Автомат присоединения кристаллов ЭМ-4085-14М

На рисунке 3 показаны механические напряжения в кристалле при различных вариантах монтажа.

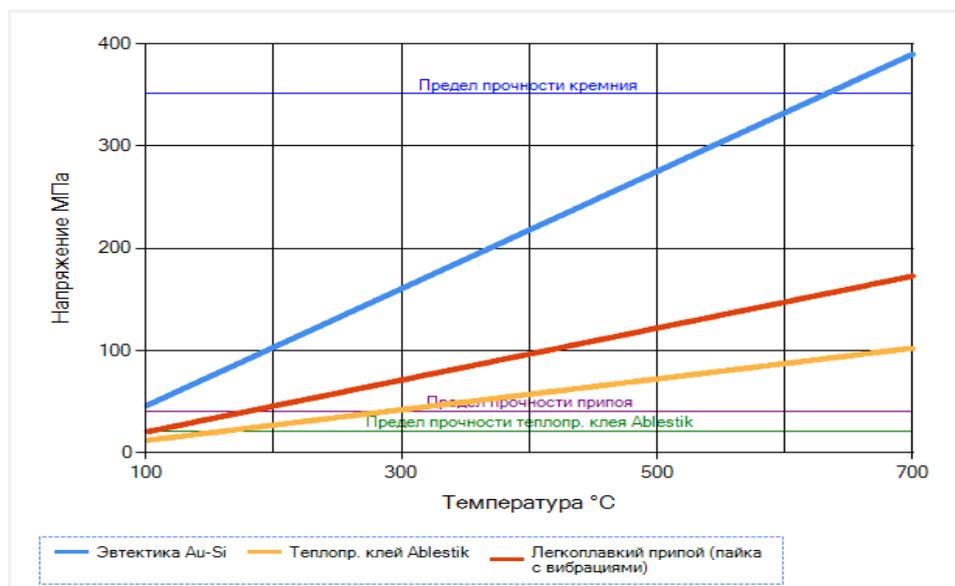


Рисунок 3 – Механические напряжения в кристалле при различных методах монтажа

Внутренние напряжения в кристалле при пайке эвтектическим сплавом Au-Si достигают 250 МПа при температуре 420°C, при вибрационной пайке легкоплавким припоем внутренние напряжения – не более 70 МПа при температуре 220°C. Автоматизированный монтаж кристаллов вибрационной пайкой приводит к гомогенизации паяного соединения, исключению дефектов в виде пустот и непропаев в результате чего снижается уровень термомеханических напряжений активной структуры.

Список использованных источников:

1. Захаров, А.Л., Асвадурава Е.И. Расчет тепловых параметров полупроводниковых приборов / А.П. Захаров, Е.И. Асвадурава. – М.: Радио и связь. – 1983. – 184 с.
2. Современное сборочное оборудование для микроэлектроники в Беларуси // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.– 1998.– №3-4.– С. 7 – 8.
3. Автоматизированный монтаж кристаллов мощных транзисторов / Л.П. Ануфриев, А.Ф. Керенцев, В.Л. Ланин, А.М. Иваш // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2000.– № 4.–С. 32–34.