

УДК 612.086.2

## МОНТАЖ КРИСТАЛЛОВ В КОРПУСА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Ланин В.Л., Мишечек А.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Рассмотрен процесс монтажа кристаллов в корпуса интегральных схем с применением вибраций и ультразвуковых колебаний. В результате моделирования в ANSYS WorkBench получена картина распределения механических напряжений в ультразвуковой системе монтажа и в рабочей области. Получены зависимости амплитуды колебаний от частоты и определена резонансная частота УЗ технологической системы монтажа кристаллов, которая составила 94,5 кГц. При пайке с использованием УЗ колебаний наблюдается улучшение качества соединения вплоть до температуры в 225 °С.

**Ключевые слова:** кристаллы, интегральные схемы, монтаж, корпуса, ультразвук.

## CRYSTALS MOUNTING IN INTEGRATED MICROSCIRCUITS PACKAGES USING ULTRASONIC VIBRATIONS

Lanin V., Mishechek A.

*Belarus State University of Informatics and Radioelectronics  
Minsk, Belarus*

**Abstract.** The process of mounting crystals in integrated circuit packages with the use of vibrations and ultrasonic vibrations is considered. As a result of modeling in ANSYS WorkBench, a picture of the distribution of mechanical stresses in the ultrasonic mounting system and in the working area was obtained. The dependences of the oscillation amplitude on the frequency were obtained and the resonant frequency of ultrasonic technological system for mounting crystals was determined, which was 94.5 kHz. When soldering using ultrasonic vibrations, an improvement in the quality of the joint is observed up to a temperature of 225 °C.

**Key Words:** crystals, integrated circuits, mounting, packages, ultrasound.

*Адрес для переписки: Ланин В.Л., ул. П Бровки, 6, г. Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: vlanin@bsuir.by*

Монтаж кристаллов интегральных схем (ИС) в корпуса должен обеспечить высокую прочность соединений при термоциклировании и механических нагрузках, низкое электрическое и тепловое сопротивление, минимальное механическое воздействие на кристалл и отсутствие загрязнений. В настоящее время для монтажа кристаллов широко используется технология вибрационной эвтектической пайки кристалла к основанию корпуса с использованием припоя Au-Si и золотого покрытия кристалла [1]. Для обеспечения необходимой смачиваемости припоем и предотвращения окисления в процессе пайки используют формирующий газ на основе смеси 10 % водорода и 90 % азота. Нанесение припоя на подложку осуществляется дозированием проволочной припоя или паяльной пасты, либо припойными прокладками.

Монтаж кристалла на эвтектические сплавы помимо технологических трудностей (высокие температуры, золотое покрытие) имеет и другие недостатки. В виду малой пластичности эвтектики Au-Si и разницы в коэффициентах термического расширения кристалла и подложки в кристалле возникают значительные механические напряжения, что приводит к сколам кристаллов на последующих технологических операциях и испытаниях, а также к снижению надежности приборов. Установлено, что основ-

ными причинами, приводящими к снижению выхода годных изделий, являются отслаивание кристаллов из-за неполного образования эвтектики по всей площади, образование микротрещин и растрескивание кристаллов после термокомпрессионной разварки выводов.

Применение ультразвуковых (УЗ) колебаний в процессе присоединения кристаллов более характерно для технологии Flip-Chip [2], однако может использоваться для обеспечения более качественного слоя эвтектики или паяного соединения. Процессы бесфлюсовой пайки наиболее важны при сборке электронных устройств и приборов, где требуется исключить применение флюсов, поскольку продукты их разложения способствуют развитию коррозионных процессов, при этом ухудшаются рабочие характеристики ИС, снижаются надежность и долговечность электронной аппаратуры.

При использовании УЗ колебаний для пайки кристаллов возникают определенные трудности, связанные с выбором частоты и амплитуды колебаний, устранением механического воздействием на кристаллы, дозированием припоя и др. Проведено моделирование механических напряжений, возникающих в кристаллах ИС при УЗ монтаже на подложку. Поэтапное создание модели УЗ технологической системы монтажа проводилось с применением пакета программ

SolidWorks. В результате моделирования в ANSYS WorkBench получена картина распределения механических напряжений в УЗ системе и рабочей области монтажа (рис. 1).

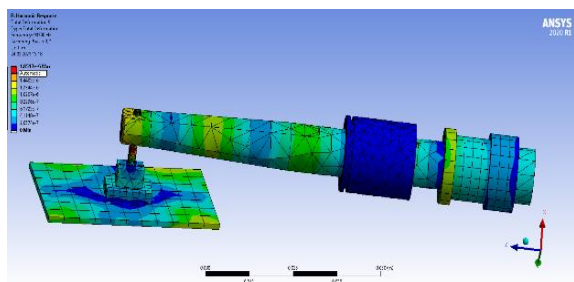


Рисунок 1 – Распределение механических напряжений в кристалле и УЗ системе

На основании моделирования получены зависимости амплитуды колебаний от частоты, которые представлены на рис. 2. Определена резонансная частота УЗ технологической системы монтажа кристаллов, которая составила 94,5 кГц.

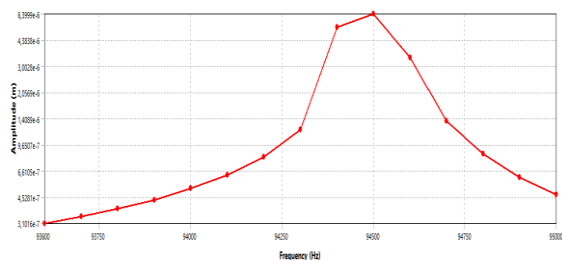


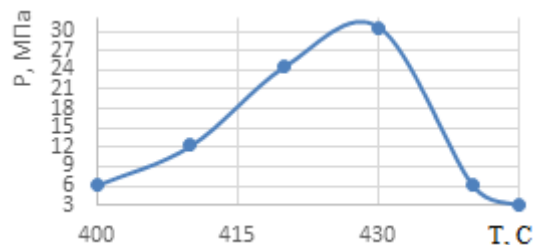
Рисунок 2 – АЧХ колебаний УЗ системы

Результаты моделирования показали, что преимущественно механические напряжения возникают в области инструмента для захвата кристалла и в области пакетного пьезоэлектрического преобразователя.

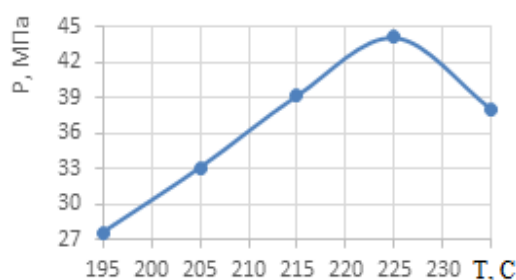
Вибрационный монтаж кристаллов в корпуса ИС проводился на установке настольного типа ЭМ-4075А-1 ОАО «ПЛАНАР-СО» при температурах 400–445 °С и частотах 2–9 Гц. Для проведения УЗ пайки данная установка дополнена УЗ генератором и УЗ технологической системой монтажа.

Анализ экспериментальных данных показал, что прочность соединения растет с повышением температуры вплоть до 430 °С, а с дальнейшим повышением температуры пайки начинается ухудшение качества монтажа вследствие экзотермических процессов (рис. 3, а). При пайке с

использованием УЗ колебаний наблюдается улучшение качества соединения вплоть до температуры в 225 °С, далее качество ухудшается (рис. 3, б). Для решения этой проблемы необходимо проводить процесс в среде с инертным или формирующим газом.



а



б

Рисунок 3 – Зависимости усилия на сдвиг кристалла от температуры пайки: а) вибрационной, б) с УЗ колебаниями

Использование УЗ колебаний при эвтектической пайке позволяет получать достаточно надежные соединения кристаллов с корпусом с малой областью монтажа и уменьшить температуру процесса присоединения кристалла почти в 2 раза.

Увеличивая частоту колебаний до 66 и выше кГц, можно снизить амплитуду колебаний инструмента до 1–2 мкм при интенсивности колебаний, достаточных для разрушения оксидных пленок.

#### Литература

1. Зенин, В. В. Монтаж кристаллов и внутренних выводов в производстве полупроводниковых изделий / В. В. Зенин, В. А. Емельянов, В. Л. Ланин. – Минск : Интегралполиграф, 2015. – 380 с.
2. Ланин, В. Л. Электромонтажные соединения в электронике. Технологии, оборудование, контроль качества / В. Л. Ланин, В. А. Емельянов. – Минск : Интегралполиграф, 2013. – 406 с.