УДК 658.562.3

ПРОБЛЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МИКРОСХЕМ

О. А. ВОРОНИНА, В. М. ДОНЦОВ, А. С. ТУГАРЕВ
Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева
Орел, Россия

Рассматривая технологический процесс корпусирования кристалла как законченную часть производственного процесса изготовления микросхем, необходимо проанализировать основные проблемы технологических испытаний. Перечень типовых отбраковочных испытаний определён в ГОСТ 18725–83. Как правило, технологические испытания при производстве микросхем включают несколько операций визуального контроля:

– входной контроль кристаллов, корпусов и крышек (либо рамок при посадке кристаллов на рамки);

– контроль качества приклейки кристаллов (правильность и точность позиционирования, форма клеевого пятна по сторонам кристалла, отсутствие клея на поверхности кристалла) [1];

– контроль качества разварки микропроволочных соединений алюминиевой или золотой проволокой (соответствие разварки чертежу, отсутствие касаний и обрыва выводов) [2];

– контроль качества корпусирования: точность позиционирования крышки, форма сварного шва (при использовании металлокерамических корпусов) [3]; форма корпуса, облой, точность вырубки рамки (при корпусировании в пластик);

– контроль маркировки.

Кроме того, как правило, предусматриваются испытания на воздействие изменений температуры среды (в том числе испытания на термоудар), электрический контроль (при нормальной, повышенной и пониженной температуре), электротермотренировка, проверка герметичности.

Визуальный контроль является наиболее простым, но субъективным видом испытаний, напрямую связанным с используемым оборудованием, способом распознавания дефектных изделий и накопленными статистическими данными. Объективизация визуального контроля традиционно выполнялась путём составления альбома фотографий дефектных и бездефектных образцов.

В настоящее время активно внедряются автоматизированные системы контроля, основанные на глубоком машинном обучении [4]. В первую очередь необходимо организовать рабочее место оператора таким образом, чтобы обеспечить наилучшие условия для выявления визуальных дефектов, в частности выбрать освещение, углы установки и разрешение камер.

В процессе работы оператор формирует набор данных (обучающую и тестовую выборки) с типичными дефектами, которые размечаются при настройке системы с искусственным интеллектом и должны быть идентифицированы в ходе автоматизированной и автоматической проверки.

Чаще всего необходима бинарная классификация: годен/брак. Однако подготовка набора данных бывает затруднена тем, что дефектных образцов мало (и не все дефекты, предполагаемые в серийном производстве, могут быть воспроизведены при его освоении – в частности в ходе изготовления изделий установочной серии). Поэтому обязательно должна выполняться аугментация: зеркальное отображение изображения вокруг оси, повороты на углы, кратные 90º, небольшие изменения масштаба изображения, изменения яркости и контрастности. Трещины и сколы на кристаллах также имеют небольшие размеры по сравнению с поверхностью кристалла. Предварительно выполняется операция выделения «областей интереса».

Для поиска дефектов, которые встречаются редко, оказывается затруднительным набрать большую выборку обучающих данных. Здесь удобнее применять автоэнкодеры, обученные на бездефектных изображениях для поиска аномалий.

В случае параметрических дефектов перспективным представляется комплектный подход. Предварительно обученная нейронная сеть обнаруживает области интересов, на которых детерминированный алгоритм выполняет операции измерения. Для контроля геометрии часто нужно использовать не одно изображение, а множество изображений с нескольких камер, установленных под разными углами.

Выполнение электрического контроля часто связано с измерениями динамических величин, таких как скорость нарастания сигнала, время переключения. Электромагнитная обстановка на производственных участках иногда значительно ухудшает шумовые характеристики измерительного оборудования. Требуемые метрологические показатели удаётся достигать при многократных измерениях, однако это значительно увеличивает время испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ методов контроля монтажа кристаллов в корпус / О. А. Воронина, В. М. Донцов, В. В. Мишин [и др.] // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2025. – № 6 (374). – С. 166–172.

2. Анализ методов контроля микропроволочных соединений / А. С. Тугарев, О. А. Воронина, К. С. Харланова, В. В. Мишин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2023. – № 6 (362). – С. 153–159.

3. **Воронина, О. А.** Контроль и испытания при корпусировании микросхем / О. А. Воронина, В. М. Донцов, А. С. Тугарев // Современные проблемы физико-математических наук : материалы X Всерос. науч.-практ. конф., Орел, 29–30 нояб. 2024 г. – Орел : ОГУ имени И. С. Тургенева, 2024. – С. 331–337.

4. **Ромащенко, М. А.** Методика получения и обработки данных оптической инспекции топологии электронных компонентов / М. А. Ромащенко, Д. В. Васильченко // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2024. – Т. 20, № 3. – С. 122–127.