

# Применение системы Phiplastic для контроля качества на производстве многослойных керамических плат по технологии LTCC

**Технология LTCC активно развивается во всем мире благодаря хорошим частотным свойствам и сравнительно низкой себестоимости. Однако закупка импортного оборудования требует значительных инвестиций. Применение гибкой системы контроля качества, которая может работать на любой стадии производства, позволяет снизить затраты и быстрее запустить новую технологическую линию, а также оптимизировать работу существующей.**

**Марина Гладышева  
Елена Колпакова  
Дмитрий Орехов  
Александр Задорин**

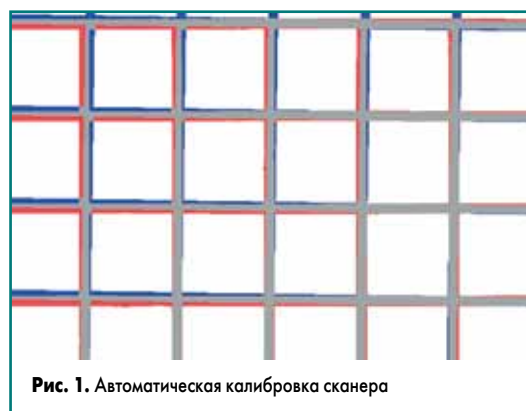
В своем развитии система Phiplastic прошла путь от небольшой программы для сравнения фотошаблона с векторным эталоном до уникального программного комплекса, позволяющего решать различные наукоемкие задачи в области контроля качества и машинного зрения. По мере развития в Phiplastic добавились векторный, растровый и цветной эталоны, работа с планшетными сканерами, цифровыми фотокамерами и специализированным оборудованием, калибровка и точные измерения и, конечно, различные алгоритмы автоматического обнаружения дефектов. Расширился и спектр изделий, с которыми работала система, — печатные платы, SMT-компоненты в видимом спектре и на рентгеновских снимках, LTCC.

Эксперименты подтвердили, что с материалами LTCC очень хорошо справляются планшетные сканеры. Керамические листы не склонны к упругим деформациям, не создают бликов, обладают достаточным цветовым контрастом и стабильностью окраски. Габариты изделий, требуемая точность и ритм производства также находятся в оптимальных для сканера пределах. Даже трафареты на сетке, которые в LTCC

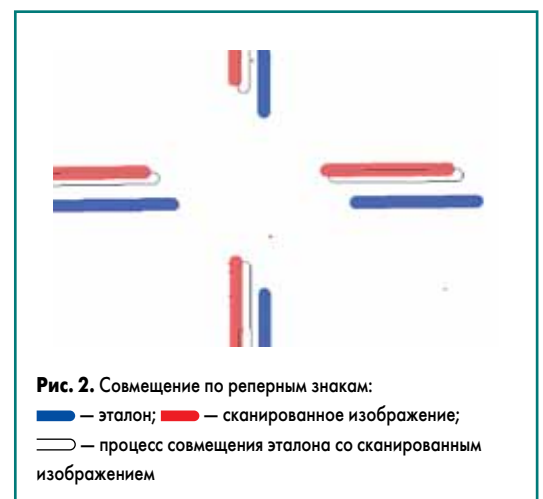
применяются для нанесения паст, удастся отсканировать с достаточным качеством.

Современные сканеры — аппараты с высокой степенью разрешения. При разрешении 4800 dpi размер пикселя составляет 5,3 мкм. В Phiplastic предусмотрена процедура геометрической калибровки сканера. В ходе калибровки точно изготовленная мишень (равномерная сетка) сканируется и совмещается с ее векторным эталоном. Максимальное совпадение сканированной и векторной мишеней по всей площади гарантирует точность выполняемых контрольных операций, таких как наложение векторного эталона на контролируемый образец и измерение расстояний (рис. 1).

В ходе контроля векторный эталон должен быть совмещен со сканом проверяемого изделия. В Phiplastic предусмотрено автоматическое оптимальное совмещение по рисунку, а также ручное, позволяющее совместить скан и эталон по реперным знакам (рис. 2).



**Рис. 1.** Автоматическая калибровка сканера



**Рис. 2.** Совмещение по реперным знакам:

■ — эталон; ■ — сканированное изображение;  
— процесс совмещения эталона со сканированным изображением



Рис. 3. Дефекты отверстий: а) в отраженном свете; б) в проходящем свете

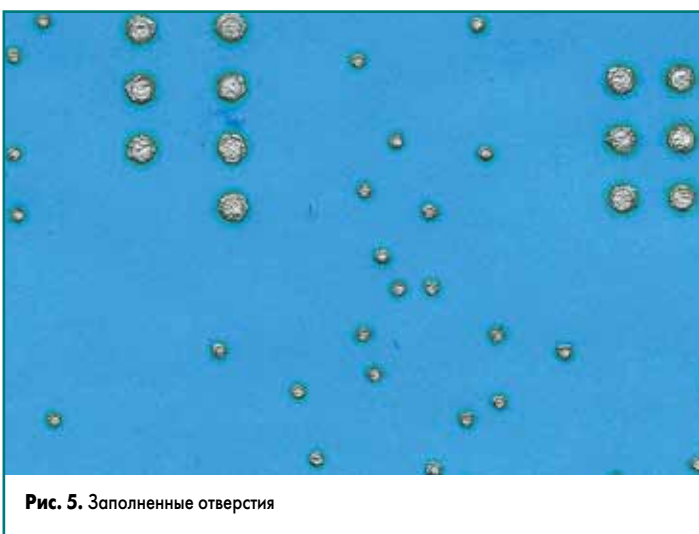


Рис. 5. Заполненные отверстия



Рис. 6. Дефекты в слое топологии

Рассмотрим стадии производства многослойных керамических плат (МКП) по технологии LTCC, на которых необходимо проведение оптического контроля для выпуска годных изделий. Первая операция в технологическом цикле — формирование переходных отверстий. С помощью системы Rhiplastic можно контролировать качество выполненных отверстий как в отраженном, так и в проходящем свете (рис. 3). На рисунках выделены дефекты в виде остатков керамики в отверстиях. Как видим, второй вариант контроля предпочтителен.

Наложение векторного эталона на сканированный керамический слой позволяет автоматически обнаруживать смещение отверстий от заданного положения, измерить смещение,

а также найти лишние, недостающие и поврежденные отверстия (рис. 4). Совпадающие области показаны серым цветом, изделие — красным, эталон — синим.

Векторный эталон в Rhiplastic содержит графику, области контроля и допуски. Графика импортируется из формата Gerber RS-274-X. Остальное задается пользователем при создании эталона во встроенном редакторе.

После заполнения отверстий токопроводящей пастой необходимо провести контроль керамического слоя в отраженном (рис. 5) или проходящем свете. На этом этапе можно выявить качество заполнения отверстий: отсутствие пасты в отверстиях или неполное их заполнение.

При контроле слоев топологии МКП Rhiplastic автоматически обнаруживает те же дефекты, что и на обычных печатных платах:

- разрывы и замыкания;
- выпуклости и проколы;
- нарушения допусков на ширину проводника и зазора;
- лишние и недостающие элементы.

На рис. 6 синим цветом выделены области топологии с зазором меньше допустимого между проводником и «земляным» слоем.

Допуски можно гибко настраивать. Например, допуск на зазор можно задать не только в виде абсолютного значения — одно число на всю плату, но и как максималь-

ное отклонение от соответствующего эталонного зазора. Проверка получается избирательной: топология с прецизионными размерами и зазорами проверяется строже, чем области с крупным рисунком.

Обнаруженные дефекты накладываются поверх проверяемого изображения. Оператор последовательно просматривает их.

Есть возможность переключаться на изображение эталона, а также в слой совмещения, где скан и эталон видны одновременно (рис. 7).

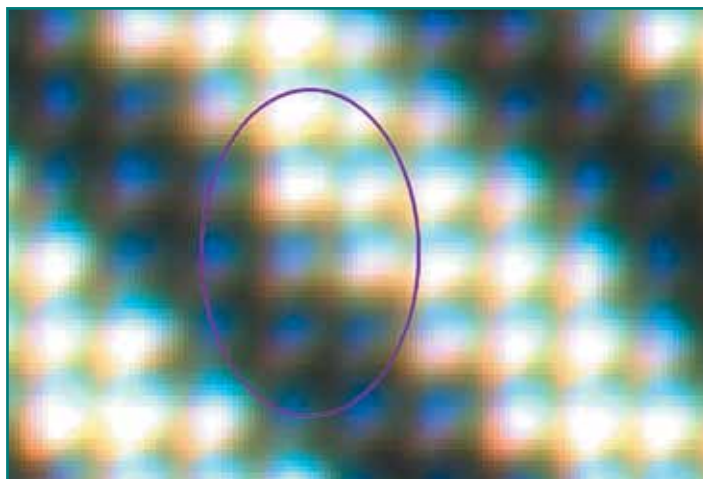
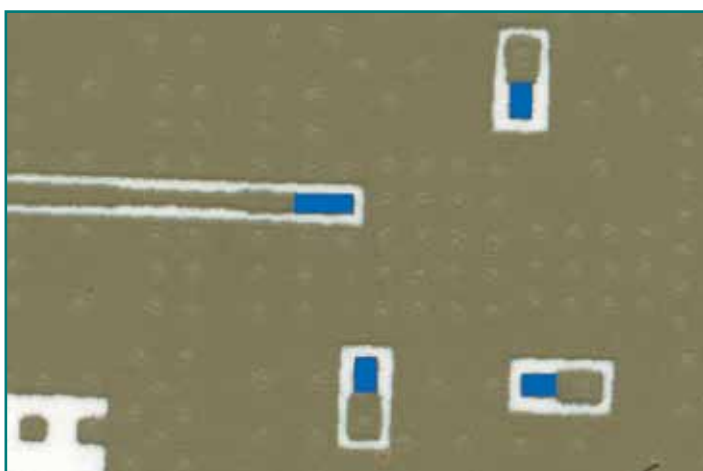
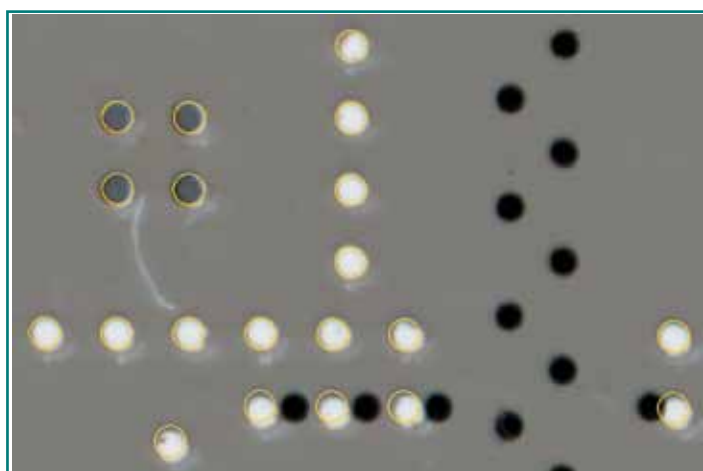
Автоматическое обнаружение дефектов топологии работает на черно-белых изображениях. Перевод цветного скана в черно-белый вид выполняется под управлением цветовой настройки, в ходе которой пользователь указывает типичные цвета металлизации и под-



Рис. 4. Наложение векторного эталона



Рис. 7. Наложение скана и эталона


**Рис. 8.** Дефекты на трафарете

**Рис. 9.** Трафарет под большим увеличением

**Рис. 10.** Оценка площади золотосодержащей пасты (показана синим)

**Рис. 11.** Совпадающие отверстия показаны серым, эталонные — желтым контуром

ложки. Керамические листы здесь очень удобны, так как имеют исключительно стабильные оптические свойства. В полной мере возможности цветовой настройки Phiplastic раскрываются при работе с трафаретами на сетке. Обычно рамка, на которой натянут трафарет, не позволяет положить его непосредственно на планшет сканера. Трафарет располагают на корпусе сканера, с небольшим зазором от стекла. Глубина резкости сканера достаточна для получения изображения приемлемого качества (рис. 8, 9).

Шаг сетки на этом трафарете — 70 мкм. Размер пикселя в разрешении 4800 dpi — 5,4 мкм. В случае сомнений можно пересканировать проблемный участок в более высоком разрешении или воспользоваться микроскопом. На этот случай Phiplastic показывает место дефекта на уменьшенном изображении.

Проводящие пасты в технологии LTCC содержат драгметаллы. Для отчетности и оптимизации технологии может требоваться оценка площади нанесения той или иной пасты. Phiplastic позволяет легко рассчитать площадь покрытия, отличающегося по цвету. Для получения маски покрытия используется та же цветовая настройка, что и для получения черно-белого изображения топологии (рис. 10).

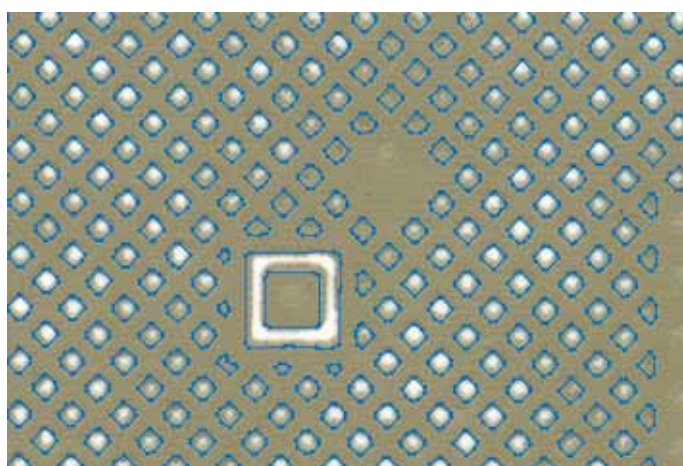
Перед сборкой керамических слоев в пакет Phiplastic позволяет наложить слои друг на друга и оценить их возможное рассовмещение в готовом изделии. Оператор совмещает слои по рисунку или по реперам и оценивает взаимный сдвиг элементов. На экране отображается разность цветных изображений, где совпадающие области нейтрально окрашены, а различающиеся — выделены цветом и яркостью (рис. 11).

В качестве точки отсчета предлагается использовать векторный эталон, но можно обойтись и без него. Это полезно, если требуется сравнить одинаковые слои, выполненные на разных материалах или в разных режимах. Phiplastic позволяет автоматически отсеять мелкие различия, а крупные пометить как дефекты и просмотреть последовательно (рис. 12).


**Рис. 12.** Дефект площадки, обнаруженный прямым сравнением двух керамических листов

Гибкость программного обеспечения позволяет легко сравнивать друг с другом разные по природе и полярности изображения, такие как фотошаблон, трафарет, слой топологии, готовое изделие. Это относится как к цветному режиму работы, так и к черно-белому. Например, в качестве черно-белого эталона можно использовать фотошаблон (рис. 13).

При спекании керамика дает значительную усадку. Phiplastic предоставляет возможность наложить на готовую плату эталон трафарета для поверхностного монтажа и оценить таким образом будущее качество совмещения отпечатка припойной пасты с платой (рис. 14). При подготовке эталона трафарета можно воспользоваться встроенной поддержкой коэффициента усадки. Или оценить коэффициент усадки



**Рис. 13.** Наложение сканированного цветного изображения и фотошаблона



**Рис. 14.** Совмещение готовой платы и эталона трафарета припойной пасты

по изображениям — как методом совмещения, так и простым измерением габаритов изделия.

Система Rhiplastic хорошо зарекомендовала себя на производстве ЛТСС ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Седакова» (Нижний Новгород)

и на ряде других российских предприятий. Исключительная гибкость и относительно невысокая стоимость делают ее незаменимым инструментом контроля качества керамических плат, изучения и оптимизации технологических процессов ЛТСС.