

# Новые разработки «ТЕРМОПРО»

## для монтажа печатных плат



В статье представлено оборудование компании «ТЕРМОПРО» для SMD-монтажа: паяльные станции ИК-650 ПРО «МЕГА» и ИК-650 micro, а также видеомикроскоп HD-150/450–4K. На вопросы издания отвечает директор ООО НТФ «Техно-Альянс Электроникс» Евгений Шулика, подробно рассказывая о каждой модели.

НТФ «Техно-Альянс Электроникс», г. Москва

Мелкосерийную сборку печатных плат можно назвать отдельным направлением электронной промышленности. Развитие электронных технологий идет очень быстро, и в этой гонке опасно опоздать: постоянно ведутся разработки, создаются прототипы новых плат, в том числе для специальных приложений, выполняется тестирование. В процессе этой работы, которой занимается огромное число специалистов, производится монтаж одной-двух плат, может быть, небольшой серии, на которых и отрабатываются новые технологии. Для мелкосерийного монтажа нужно специальное оборудование, причем в масштабах рынка его требуется много. Над созданием такого оборудования работают целые компании.

Разработкой и производством оборудования для оснащения мелкосерийных производств более 25 лет занимается научно-техническая фирма «Техно-Альянс Электроникс». Эта компания была основана в 1993 году разработчиками электроники, которые начинали свою деятельность и приобретали опыт еще на советских предприятиях ОПК. Они имеют патенты на изобретения и полезные модели и первыми в России разработали и запустили в серийное производство следующие линейки профессионального паяльного оборудования:

- ▶ термостолы с высокой равномерностью нагрева и отработкой термопрофилей;

- ▶ инфракрасные паяльные станции и ремонтные центры для BGA с автоматической пайкой по термопрофилю;

- ▶ видеомикроскопы для визуального контроля.

Сегодня НТФ «Техно-Альянс Электроникс» развивает три основных направления: создает оборудование для мелкосерийного монтажа печатных узлов любой сложности, для опытного и мелкосерийного жгутового производства, а также ведет комплексные проекты по оснащению производственных участков для выпуска изделий специального назначения и гражданской продукции. Все изделия собственной разработки выпускаются под торговой маркой «ТЕРМОПРО».

С продукцией «ТЕРМОПРО» журнал «ИСУП» уже знакомил своих читателей, причем основной упор в этих статьях делался на оснащении для жгутовых производств (столы, плазы, магнитные держатели, комплекс для пайки проводов, системы хранения и пр.). Сегодня мы хотим сосредоточить внимание на оборудовании для поверхностного монтажа (SMD) печатных плат. Но, прежде чем перейти к его описанию, отметим, что такие паяльные станции и видеомикроскопы эксплуатируются на предприятиях концерна ВКО «Алмаз-Антей», государственных корпораций «Росатом», «Роскосмос» и «Ростех», авиационной промышленности и нефтегазового комплекса, в компаниях МТС и Рос-

телеком, в технических подразделениях спецслужб и во множестве других компаний России. В частности, оборудование «ТЕРМОПРО» применяется в проекте Астрокосмического центра Физического института им. П. Н. Лебедева РАН (АКЦ ФИАН): на нем производят изделия для космической обсерватории «Миллиметрон». Миссия обсерватории «Миллиметрон» будет проходить в районе точки Лагранжа L2, находящейся на расстоянии 1,5 млн км от Земли в противосолнечном направлении. Запуск российской космической обсерватории «Миллиметрон» запланирован на 2029 год.

### Паяльные станции ИК-650: новые исполнения

Для монтажа печатных плат компания «Техно-Альянс Электроникс» разрабатывает и производит инфракрасные паяльные станции серии ИК-650. Этой серии уже 17 лет: компания первой на российском рынке начала заниматься импортозамещением такого оборудования. Все ИК-станции представляют собой универсальный цифровой инфракрасный ремонтный центр для пайки и ремонта печатных узлов с BGA — интегральными схемами с шариковыми выводами под поверхность. Для работы с этими интегральными схемами требуется точно соблюдать термопрофиль пайки и обеспечивать равномерный нагрев по площади чипа. Поэтому разработчики снабдили паяльную станцию

системой автоматической коррекции температуры нагревателей. Коррекция производится по показаниям датчика температуры, установленного в зоне пайки BGA. Автоматически контролируются три термопрофиля: один – термопрофиль термостола, который оказывает температурное воздействие на печатный узел снизу, другой – термопрофиль верхнего нагревателя. В результате их совместного воздействия на печатный узел формируется третий и главный термопрофиль, который обеспечивает надежное оплавление шариковых выводов микросхемы. Визуально контролировать процесс пайки можно с помощью USB-видеокамеры или видеомикроскопа, подключенного к управляющему компьютеру. В ПО «Термопро-Центр» предусмотрен встроенный модуль для просмотра видеоизображения с возможностью фиксации видеозаписи или фотоснимков на жесткий диск.

Изначально станция ИК-650 создавалась для ремонта сложных компьютерных печатных плат. Позже появились модели, которые можно было применять для ремонта печатных узлов многих других устройств: телевизоров, банкоматов, блоков управления, станков с ЧПУ, военной электроники и спецтехники, сотовых базовых станций и т.д. Наиболее новыми моделями линейки являются инфракрасная паяльная станция ИК-650 ПРО «МЕГА» и термовоздушная паяльная станция ИК-650 micro.

#### ИК-650 ПРО «МЕГА»

Инфракрасная паяльная станция ИК-650 ПРО «МЕГА» (рис. 1) предназначена для пайки микросхем на крупногабаритные платы, такие как

телекоммуникационные, серверные и подобные печатные узлы. На таких платах обычно устанавливают гораздо более крупные микросхемы BGA или габаритные сокет, причем иногда в больших количествах. Самая большая проблема при работе с крупногабаритными, толстыми и теплоемкими платами – это существенная деформация печатного узла при попытках пайки BGA на дорогих импортных станциях, не совсем приспособленных для этих целей. Для борьбы с такими деформациями и был разработан двухзонный термостол НП 54-36 ПРО с общей поверхностью нагрева  $540 \times 360$  мм. Со слов разработчиков, успешная модификация появилась только с третьей попытки, и это несмотря на многолетний опыт и большую продуктивную линейку термостолов, которые компания выпускает с 2001 года.

Термостол НП 54-36 оснащен встроенным двухканальным регулятором температуры. Два встроенных термодатчика обеспечивают контроль и точное поддержание температуры в зонах нагрева, третий внешний термодатчик может быть закреплен в любой точке печатного узла при помощи специального приспособления, идущего в комплекте. Конструкция нагревательных узлов обеспечивает хорошую равномерность нагрева с высокой отдаваемой мощностью. В результате проделанной специалистами «ТЕРМОПРО» работы паяльная станция «МЕГА» позволяет разогреть большую многослойную структуру печатной платы с термокондуктивными слоями с равномерностью  $4-20$  °C (что сильно зависит от конструкции печатного узла). Станция предотвра-

щает деформацию плат и, что многих сильно удивляет, умеет убирать существующие деформации печатного узла, которые возникли на предыдущих технологических этапах.

ИК-650 ПРО «МЕГА» – это самая большая станция серии ИК-650 с верхним инфракрасным нагревателем ИКВ/Л-100 ПРО для самых больших чипов. Верхний нагреватель установлен на подвижном штативе с четырьмя степенями свободы перемещения. Температурой верхнего нагревателя управляет регулятор температуры ИК 1-10 КД ПРО. Он же обеспечивает мастер-контроль температуры в зоне пайки чипа. Для дополнительного контроля температуры в разных точках печатной платы в систему пайки опционально еще могут быть добавлены термодатчики. Также в состав станции входят запатентованные 3D-концентраторы инфракрасных лучей для верхнего нагревателя ИКВ/Л-100 ПРО.

Лазерный указатель позволяет прицелиться в центр чипа BGA или его посадочного места. Перед тем как осуществить пайку, необходимо отцентрировать ИК-излучатель относительно центра чипа BGA. Для этих целей на верхнем нагревателе опускается откидной кронштейн и включается установленный на нем лазерный указатель. Пользуясь степенями свободы штатива, можно за несколько секунд совместить лазерную точку с центром чипа на глаз, при этом абсолютная точность не требуется. Остается опустить верхний нагреватель на рабочую дистанцию и включить отработку термопрофиля, далее станция работает в автоматическом режиме, поддерживая температуру чипа, подобно тому как работает адаптивный круиз-контроль в современных автомобилях, поддерживая безопасную скорость движения.

По запросу вместе с базовой станцией могут поставляться тангенциальные воздушные охладители FC-500/Tm и FC-500/Ts, которые служат для охлаждения печатных плат в соответствии с заданным термопрофилем. Еще одно опциональное устройство – электровакуумный пинцет VM-0.7, предназначенный для извлечения с платы отпаянного корпуса BGA на горячую.

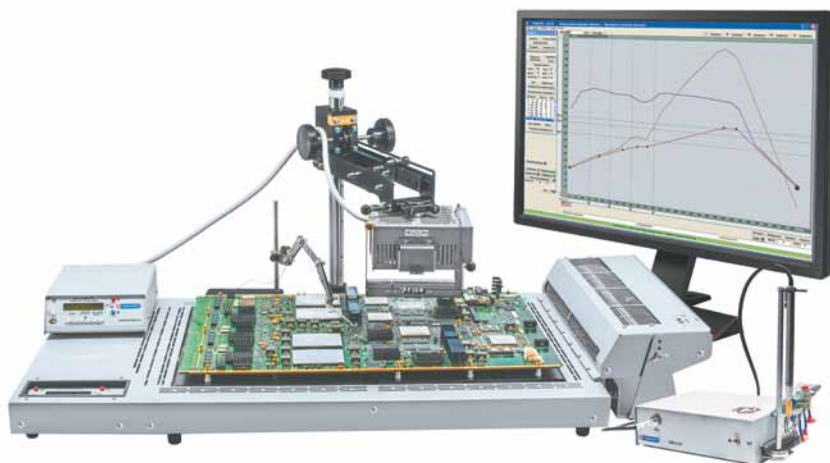


Рис. 1. Инфракрасная паяльная станция ИК-650 ПРО «МЕГА»

*Как осуществляется позиционирование платы?*

Печатный узел позиционируется на термостол так, чтобы максимальная площадь платы вокруг зоны пайки располагалась над областью нагрева. Но иногда на платах есть участки, которые могут выступать за греющуюся панель, располагать их надо так, чтобы работе оператора это не мешало. Печатный узел «подвешивается» с зазором над нагревателем: либо с помощью специальных фторопластовых стоек, либо фиксируется в зубчатых лапках специального опционального магнитного держателя МД-36, но для больших плат в этом случае требуется хотя бы две точки центральной поддержки, например, опциональные ЦП-36. Наша компания отдает предпочтение работе на фторопластовых стойках.

*Насколько автоматизирована работа по установке компонентов на плату?*

Мы считаем, что не во всех случаях требуется глубокая автоматизация техпроцесса, она только увеличивает расходы на дорогостоящее оборудование, его освоение, а оператор должен тратить дополнительное время на всевозможные настройки. Это особенно невыгодно при штучном и мелкосерийном производстве, а также при ремонте разнообразных печатных узлов. При общении с клиентами выясняется, что даже на отлаженной линии по автоматическому монтажу сложных плат на этапе оптического и функционального контроля по разным причинам отбраковывается от 10 до 30% изделий, которые затем поступают в группу ручного ремонта.

В нашем случае ставка делается на обученного оператора средней квалификации, который обеспечивает рутинные операции, такие как установка платы, чипа, термодатчика и позиционирование верхнего нагревателя по определенным правилам. Это просто и доступно всем после просмотра нашего обучающего видео и нескольких тренировок. Не спорим, человеческий фактор присутствует, но и работа, можно сказать, ювелирная, а по опыту, и автоматика может накосячить (обычно серийно).

Кстати, в некоторых случаях конструкторы плат по каким-либо причинам не наносят реперные рамки по контуру чипа для облегчения его позиционирования. Для таких слу-

чаев «ТЕРМОПРО» выпускает специальный видеоустановщик для BGA ВП-750.3. По сути, это видеомикроскоп, снабженный специальным ПО, облегчающим решение задачи. С помощью микровинтов оператор с высокой точностью может манипулировать чипом в четырех измерениях и установить чип по виртуальной реперной рамке на мониторе, которую он быстро формирует, используя функциональность ПО.

После запуска нагрева под управлением специального ПО «Термопро-Центр» наступает этап полностью автоматизированного процесса пайки по термопрофилю, и только после оплавления припоя требуется вмешательство оператора для подъема верхнего нагревателя.

*Расскажите подробнее о 3D-концентраторах ИК-лучей.*

Разработчики «ТЕРМОПРО» выполнили моделирование различных тепловых процессов на печатном узле, и в результате появилась новая технология ИК-нагрева. Итак, по порядку.

Любой плоский ИК-нагреватель формирует диффузное излучение. Это значит, что каждая точка нагревателя излучает ИК-лучи трехмерным веером во всех направлениях. Таким образом, полезное тепло, даже при использовании ограничивающих зону излучения апертур (рамок), уходит далеко за пределы зоны пайки чипа, рассеивая полезное тепло для вредной работы (нагрев платы вокруг BGA), а нам в идеале надо сосредоточить все тепло на площади чипа и чуть-чуть вокруг него для прогрева платы. Наша запатентованная технология трехмерных концентраторов обеспечивает переотражение «убегающих» ИК-лучей либо обратно к нагревателю, но в другую его точку (откуда они опять будут излучены уже в нужном направлении),

либо в направлении поверхности чипа, где они совершат полезную работу. В результате мы имеем несколько полезных свойств 3D-концентратора (рис. 2). Вот некоторые из них:

- улучшена равномерность теплового поля в зоне пайки BGA;
- уменьшен размер теплового пятна в зоне пайки BGA;
- улучшен обзор и удобство доступа к зоне пайки BGA.

#### ИК-650 micro

Термовоздушная паяльная станция ИК-650 micro (рис. 3), в отличие от предыдущей модели, предназначена преимущественно для работы с малогабаритными печатными узлами и чипами (с размерами до 15 × 15 мм). Этот компактный и универсальный прибор обеспечивает основные потребности инженера при разработках и прототипировании печатных узлов, а также при ремонте портативных электронных устройств, например, контроллеров БПЛА, смартфонов, планшетов и т.п. Станция применима для бессвинцовой и традиционной пайки.

В состав станции входит компактный трехканальный блок управления с регулируемым встроенным компрессором, к которому подключаются миниатюрный термофен, паяльник, термостол и термопара. Все инструменты могут работать одновременно в любом сочетании. В скором времени должен появиться термопинцет, который можно будет подключать к данной станции вместо паяльника α-100, а также подключать его к любым паяльным станциям серии «АЛЬФА-100». Уже разработана модификация ИК-650 micro со встроенным генератором вакуума и насадками для фена, позволяющими очищать печатный узел от излишнего припоя. Например, после отпайки чипа BGA

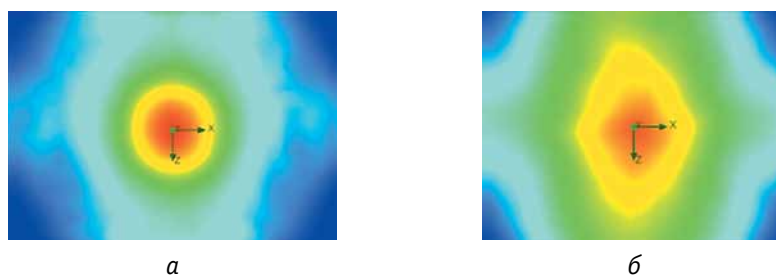


Рис. 2. Тепловое пятно на плате при пайке: а – с запатентованным 3D-концентратором ИК-лучей; б – с плоской апертурой на других паяльных станциях



Рис. 3. Термовоздушная паяльная станция ИК-650 micro

можно быстро и эффективно, то есть без остатка, удалить шарики припоя с печатного узла либо с самого чипа.

Управление осуществляется встроенным H-кодером, а вся информация о температуре инструментов, а также меню настроек выводятся на цветной дисплей. На каждый нагревательный инструмент имеется перезаписываемая память на 6 температур. Размер термостол для нижнего подогрева плат можно выбрать из линейки, производимой «ТЕРМОПРО», исходя из конкретных задач. Трехканальный цифровой блок управления ИК-650 micro обеспечивает точный контроль температуры с помощью изолированной термопары, быстро устанавливаемой на плату с помощью специального шарнирного приспособления.

Трехканальный цифровой блок управления ИК-650 micro можно подключить к компьютеру и управлять нагревом либо осуществлять мониторинг всех температур в реальном времени с помощью ПО «Термопро-Центр», прошедшего государственную регистрацию программ для ЭВМ. В отличие от паяльника или термофена, которыми пайка выводов и компонентов осуществляется последовательно, термостол обеспечивает термокондуктивную групповую пайку SMD-компонентов одновременно на всей плате с обработкой термопрофиля и его контролем с помощью термопары обратной связи. Обработку термопрофиля с высокой точностью контролирует фирменное ПО «Термопро-Центр», причем число зон нагрева может быть даже больше, чем в самых продвинутых конвейерных печах. Пайка по термопрофилю с применением термостол не только высокопроизводительна, но и обеспечивает долговременное качество паяных соединений,

так как в процессе нагрева не возникает шоковых температурных нагрузок на мелкие керамические компоненты.

В ближайшее время ожидается выход на рынок еще одного профессионального устройства — автономного блока управления микрофеном с возможностью температурной калибровки и автономной пайки по термопрофилю без участия компьютера.

#### *Какие параметры можно настроить в ПО «Термопро-центр»?*

Можно настраивать рабочую температуру, включать/выключать нагрев любого канала нагрева мышкой, вместо того чтобы крутить H-кодер или нажимать кнопки на приборах. Не надо забывать, что к одному компьютеру можно подключить одновременно до 4 приборов «ТЕРМОПРО» (регуляторы температуры, воздушный охладитель, 3-канальный измеритель температуры) и интегрировать их все между собой с помощью экосистемы ПО «Термопро-Центр».

При получении многоканальных термографиков есть возможность регулировать период опроса температурных каналов, длительность записи термографика, назначать цвет отображения графика канала, отключать/включать ненужные графики, а также в процессе получения термографика маркировать интересующие точки. Аналогично можно управлять одновременной обработкой разных термопрофилей на нескольких нагревателях. Все зависит от задачи, функциональность у ПО очень богата и перечислена тут частично.

*Как реализована плавная регулировка потока воздуха термофена ИК-650 micro и какие задачи это решает?*

Стоит отметить, что встроенный малошумный компрессор обеспечивает регулируемый поток воздуха до 15 л/мин через миниатюрный термофен. Но это не маломощная вентиляционная «дулка»: наш компрессор еще и обеспечивает рабочее давление до 0,9 бар (атм), а это значит, что даже если случайно почти полностью перекрыть отверстие насадки, то поток воздуха все равно будет обеспечен и нагреватель фена не выйдет из строя, как это нередко бывает с дешевыми фенами.

Часто монтажники или ремонтники говорят, что пользуются феном крайне осторожно, так как он греет не избирательно и сдувает отпаянные компоненты с платы. Чтобы избежать таких неприятностей, в ИК-650 micro плавная регулировка потока осуществляется H-кодером и указана на дисплее в процентах от максимально возможного потока. При этом регулятор температуры тут же откорректирует подаваемую в нагреватель мощность так, что температура на выходе насадки останется ровно той же, какую установил пользователь.

Для работы с разными компонентами в комплекте предусмотрены насадки трех типоразмеров, и естественным образом можно подобрать безопасную скорость подачи воздуха под каждую из них: чем меньше насадка, тем меньше ставим поток. На разогреве можно установить больший поток для ускорения процесса, а при приближении к температуре плавления припоя быстро его уменьшить. Контролируется температура на плате с помощью прилагаемой высокоточной изолированной термопары, которая производится и калибруется в России для нужд корпорации Росатом. Ее показаниям точно можно верить, но надо научиться правильно ее устанавливать на плату.

#### **Видеомикроскоп HD-150/450-4K**

Одним из устройств, с помощью которых можно проверять качество монтажа печатных плат, является цифровой микроскоп (видеомикроскоп) HD-150/450-4K (рис. 4), который представляет собой профессиональную систему видеоспецификации, управляемую мышкой.

Видеомикроскоп обеспечивает визуальный контроль, а также делает цифровые фотографии и ведет видео-



Рис. 4. Видеомикроскоп HD-150/450-4K

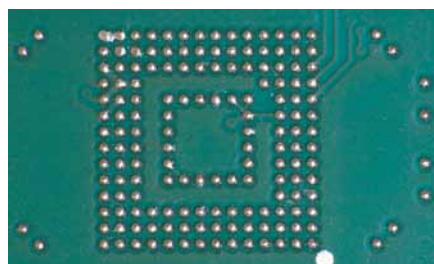
съемку мелких объектов с разрешением 4K (рис. 5): видеочкамаера микроскопа оснащена матрицей компании Sony и снимает с разрешением  $3840 \times 2160$  Ultra HD 4Mr и частотой 30 Гц. Особо отметим наличие функции оптического зума (трансфокатора). Такой способ регулировки увеличения позволяет изменять поле зрения микроскопа в очень больших пределах, не меняя расстояния от камеры до объекта. А это расстояние составляет примерно 250 мм и дает возможность комфортно осуществлять пайку и ремонт печатных узлов непосредственно под объективом. Отключаемая функция автофокуса позволяет получать четкое и контрастное изображение объекта без действий оператора. Тем не менее на печатных узлах много компонентов разной высоты, и при большом увеличении не всё видно одинаково чет-

ко, в этом случае функция настройки автофокуса по региону (небольшая рамка на экране) позволяет одним кликом мышки переместить регион на нужный объект, и система автофокуса отрегулирует четкость изображения по этому объекту.

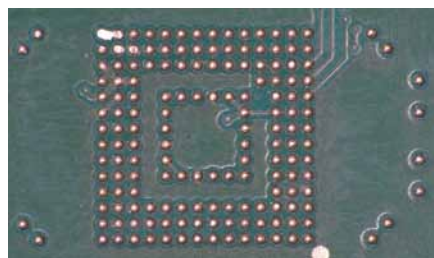
Предусмотрено несколько видов подсветки (рис. 6), в том числе кольцевая светодиодная бестеневаая белая подсветка и две боковые светодиодные



Рис. 5. Керамическая подложка полупроводникового кристалла под видеомикроскопом



а



б

Рис. 6. Подсветка микроскопа:  
а – боковая; б – верхняя

подсветки на «гусиных шеях» белого и УФ-спектра с длиной волны 365–370 нм. Имеется лазерный указатель центра, регулируемый по углу. Для позиционирования платы предназначены магнитные держатели, а также два столика: подвижный предметный, который перемещается оператором по осям X и Y, и устанавливаемый на нем наклонно-поворотный столик (опция) для наблюдения за объектом под углом к его плоскости.

Микроскоп работает без компьютера – с прямым подключением к монитору или телевизору через шнур HDMI, при этом к компьютеру камеру можно подключить различными способами. Сделанные стоп-кадры и видеозаписи можно сохранить на SD-карте и в дальнейшем воспроизвести или сравнить с образцовым кадром текущее изображение, разделив экран на две части. Также имеется встроенная в камеру функция оценочного измерения объектов на экране, но для этого надо отключить автофокус и откалибровать видеосистему при помощи слайда, то есть перевести пиксели в миллиметры при заданном увеличении.

*Для каких задач используется УФ-подсветка с длиной волны 365–370 нм?*

Видеомикроскоп может использоваться для контроля качества нанесения конформных покрытий на платы. В такие покрытия специально добавляется реактив, реагирующий свечением на УФ-лучи. Изделие может широко применяться для различных целей: например, защитные нити в купорах светятся в УФ-лучах разным цветом, также в этом спектре хорошо видны некоторые виды пыли и отпечатки пальцев. На выставке нас просили рассмотреть образцы тканей для плащей с защитой от тепловизоров, текстура которых была хорошо видна именно под УФ-облучением.

Беседовали: С. В Бодрышев,  
главный редактор журнала «ИСУП»;

Е. В. Шулика, директор,  
ООО НТФ «Техно-Альянс Электроникс»,  
г. Москва,  
тел.: +7 (499) 782-9526,  
e-mail: ta@termopro.ru,  
сайт: termopro.ru