

ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА ДЛЯ МОНТАЖА ПОВЕРХНОСТНО МОНТИРУЕМЫХ КОМПОНЕНТОВ

В. Л. Ланин, А. И. Лаппо

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
220013, Республика Беларусь, г. Минск, ул. П. Бровки 6, к. 1, кафедра ЭТТ
E-mail: lappo@bsuir.by

Основным фактором, обеспечивающий качество паяных соединений поверхностно монтируемых компонентов в процессе монтажа, и сохранности ремонтируемого изделия во время демонтажа неисправного компонента, является правильный выбор источника нагрева. Применение инфракрасных (ИК) источников позволяет осуществить локальный нагрев, уменьшить время нагрева ремонтируемого изделия и снизить риск повреждения электронного компонента. Рассмотрены особенности двух типов ИК нагревателей: галогенных ИК ламп накаливания, работающие в ближней ИК области и керамический нагреватель – в среднем.

Современное производство изделий электроники невозможно без разработки новых технологий и оборудования групповой пайки, которое обеспечит качественные паяные соединения при возросшей сложности и плотности монтажа поверхностно монтируемых компонентов [1]. Поверхностно монтируемые компоненты (SMD) нашли повсеместное применение в электронной технике, бытовых и промышленных приборах.

Для монтажа и демонтажа SMD компонентов в процессе ремонта электронных изделий применяются инфракрасные паяльные станции различной конструкции и типов применяемых нагревателей. Технология ИК пайки зарекомендовавшая себя рядом достоинств, такими как: высокая скорость нагрева; возможность управления термопрофилем; избирательность нагрева [2]. Данная технология требует дальнейшего развития для увеличения качества монтажа и демонтажа поверхностных компонентов. Для выбора источников ИК нагрева необходим анализ тепловых полей, оценка влияния расстояния от нагревателя до печатной платы на равномерность и скорость нагрева.

В качестве источников ИК нагрева выбраны: галогенная лампа накаливания КГМ 30/300 (рис. 1, а) работающий в ближней ИК области спектра, и керамический ИК нагреватель типа SHTS/4 (рис. 1, б) фирмы Elstein (средняя ИК область). Характеристики данных нагревателей приведены в табл. 1.

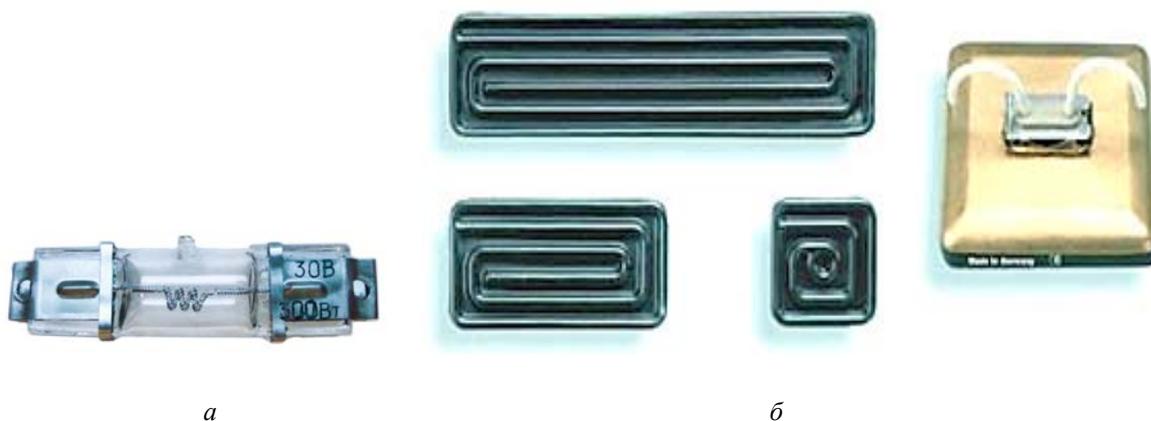


Рис. 1. ИК нагреватели: а – галогенная ИК лампа накаливания КГМ 30/300;
б – керамический ИК нагреватель Elstein SHTS/4

Основные характеристики ИК нагревателей

	КГМ 30/300	SHTS/4
Длина волны, мкм	0,7–1,5	2–10
Максимальна интенсивность излучения, кВт/м ²	34,6	76,8
Рабочая температура, К	900	1130
Мощность, Вт	300	300
Напряжение питания, В	30	220
Габаритные размеры, мм	50 x 12 x 12	60 x 60 x 30

Для моделирования процесса инфракрасного нагрева необходимо задать начальные и граничные условия. К ним относятся: система единиц измерения, выбирается тип анализа, тип окружающей среды, материал по умолчанию, параметры теплообмена, значения начальных и окружающих условий, точность моделирования, параметры радиационных поверхностей (*Radiative surfaces*), источников излучения (*Radiative sources*) и источников тепла (*Surface source*). Целью моделирования в пакете *SolidWorks* является получение распределения тепла на плате и установленных поверхностно монтируемых компонентах, подверженных ИК нагреву.

Моделирование распределения температуры по поверхности печатной платы выполнено в программном пакете *SolidWorks 2012*. Для расчета были заданы одинаковые для двух типов нагревателей исходные и граничные условия, и характеристики нагревателей для каждого в отдельности. Окружающая среда – воздух в нормальных условиях. В качестве модели использовалась 4-х слойная печатная плата, габаритными размерами 40x40мм, с установленными на ней компонентами в корпусах *BGA*, *QFP* и *SMD* – 0805, 1206, 1210, расстояние от нагревательных элементов до платы – 20мм. Для керамического нагревателя было дополнительно проведено исследования распределения тепловых полей на расстояниях 10 мм и 30 мм. В результате моделирования получены тепловые поля на поверхности электронного модуля (рис. 2).

Анализ тепловых полей (рис. 2, *а*) показывает, что для галогенной ИК лампы накаливания КГМ 30/300, неравномерность прогрева печатной платы составила 34-36%, основной нагрев которой сосредоточен в центре, где достигает пика температуры в 200–205 °С, тогда как к краям не превышает 140 °С. На корпусах установленных компонентов неравномерность температуры лежит в диапазоне: 26–44 %.

Для керамического ИК нагревателя *Elstein SHTS/4* (рис. 2, *б*) неравномерность нагрева печатной платы составляет 3–4 %, температура установленных корпусов поверхностно монтируемых компонентов отличается от температуры печатной платы: *BGA* на 28–32 °С, *QFP* – 24–26 °С и *SMD* – 5–20 °С.

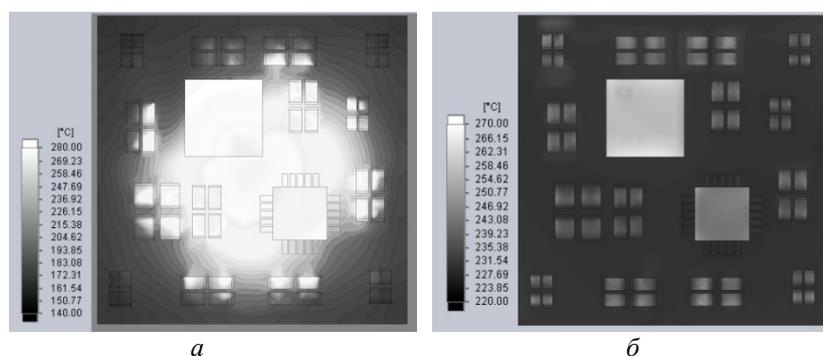


Рис. 2. Тепловые поля на поверхности электронного модуля: *а* – галогенная ИК лампа накаливания КГМ 30/300; *б* – керамический ИК нагреватель *Elstein SHTS/4*

Отдельно для керамического нагревателя проанализирована зависимость расстояния от нагревателя до печатной платы, влияющая на неравномерность распределения тепла на различных компонентах (табл. 2).

Таблица 2

Неравномерность нагрева электронных компонентов, %

Расстояние, mm	Печатная плата	BGA	QFP	SMD
10	7–9	5–7	4–6	6–8
20	5–7	3–5	3–5	3–5
30	5–7	3–5	3–5	3–5

Для проверки полученных моделей проведено исследование на лабораторном макете, в состав которого входили: блок питания, измеритель температуры, источник инфракрасного нагрева. Инфракрасный источник устанавливался на высоте 10 мм от поверхности платы. Измерения температуры нагрева в различных точках печатной платы, производилось с шагом 5 мм по осям X , Y по времени до фазового перехода припоя [3].

Форма изотерм полей нагрева галогенной лампы накаливания (рис. 3, а), свидетельствует о невысокой неравномерности процесса пайки, где максимальная скорость нагрева равная 20–22 °C/c была зафиксирована на площади равной 120 мм².

Керамического ИК нагреватель (рис. 3, б), характеризуется высокой равномерностью нагрева, но его применение привело к снижению 5–7 раз скорости нагрева, в сравнении с галогенной ИК лампой и составила 3–4 °C/c.

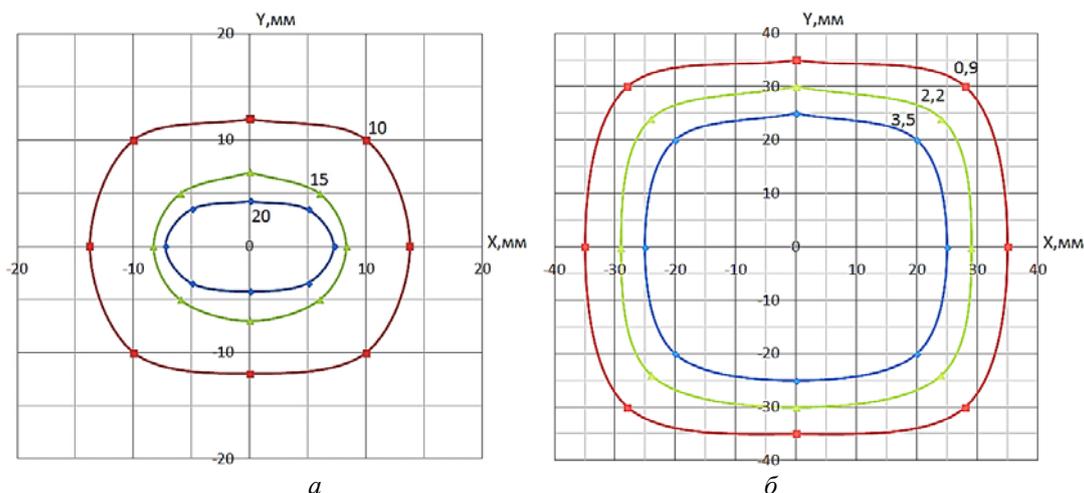


Рис. 3. Тепловые поля скорости ИК нагрева, °C/c: а – КГМ 30/300; б – Elstein SHTS/4

Исследования термопрофилей пайки SMD компонентов производилось на установке ИК пайки, в конструкции которой помимо исследуемых нагревателей (ИК лампа накаливания КГМ 30/300 и керамический ИК нагреватель Elstein SHTS/4), применялся столик с преднагревом мощностью 1000 Вт. Для автоматизации получения данных применен измеритель-регулятор ОВЕН ТРМ210 и персональный компьютер. Полученные в ходе эксперимента термопрофили представлены на рис. 4.

На этапе предварительного нагрева формы термопрофилей близки друг другу, это объясняется тем, что на данном этапе нагрев осуществляется только нижним нагревателем, который в ходе эксперимента не менялся. Для галогенной ИК лампы характерна большая на 71–74 % скорость нагрева по сравнению с керамическими нагревателями.

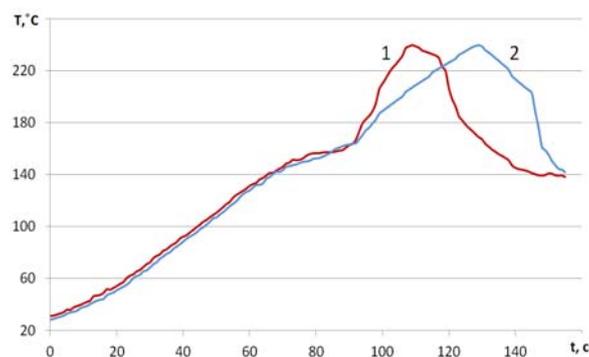


Рис. 4. Термопрофили пайки припоем ПОС61. 1 – галогенная ИК лампа накаливания КГМ 30/300; 2 – керамическим ИК нагревателем *Elstein SHTS/4*

Анализ тепловых полей полученных в ходе моделирования показывает, что для галогенной ИК лампы накаливания КГМ 30/300, неравномерность прогрева печатной платы составила 34–36 %, основной нагрев которой сосредоточен в центре, где достигает пика температуры в 200–205 °С, тогда как к краям не превышает 140 °С. На корпусах установленных компонентах неравномерность температуры лежит в диапазоне: 26–44 %. Для керамического ИК нагревателя *Elstein SHTS/4* неравномерность нагрева печатной платы составляет 3–4 %, температура установленных корпусов поверхностно монтируемых компонентов отличается от температуры печатной платы: BGA – на 28–32 °С, QFP – 24–26 °С и SMD – 5–20 °С.

Форма экспериментальных изотерм полей нагрева галогенной лампы накаливания, свидетельствует о невысокой неравномерности процесса пайки, где максимальная скорость нагрева равная 20 °С/с сосредоточена на площади равной 120 мм². Керамического ИК нагреватель, охарактеризовался высокой равномерностью нагрева, но его применение привело к снижению 5–7 раз скорости нагрева, в сравнении с галогенной ИК лампой и составила 3–4 °С/с.

При увеличении расстояние пайки керамическим ИК нагревателем *Elstein SHTS/4* в три раза, скорость нагрева до температуры пайки увеличилось в 2–3 раза. Для галогенной ИК лампы характерна большая на 71–74 % скорость нагрева в сравнении с керамическими нагревателями, что дает основание для выбора данного источника как основного нагревательного элемента в автоматизированных производственных линиях с высокой производительностью.

Применение керамических ИК источников среднего диапазона оптимально в ИК системах, предназначенных для ремонта изделий с SMD компонентами, поскольку для них характерна высокая равномерность нагрева поверхности изделия во время проведения монтажных работ, а за счет увеличения времени нагрева снижаются термические напряжения в объеме компонентов изделия.

Список литературы

1. Gibbs R. A Guide to Infrared (IR) Rework on BGAs // SMT 2009. May/June. P. 20–21.
2. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. М.: Техносфера, 2007. 256 с.
3. Ланин В.Л., Лаппо А.И., Лавор Т.И. Применение инфракрасного нагрева для монтажа и демонтажа поверхностно монтируемых компонентов // Технологии в электронной промышленности. 2015. № 3. С. 60–62.