Congr. Int. en Ing. Electrónica. Mem. ELECTRO, Vol. 39, pp. 166-170, Oct 2017, Chihuahua, Chih. México
http://electro.itchihuahua.edu.mx/memorias_electro/MemoriaElectro2017.zip
ISSN 1405-2172

ESTUDIO DE LA ENERGÍA TÉRMICA GENERADA POR UN SISTEMA ÓPTICO PARA SOLDAR CIRCUITOS INTEGRADOS

Vera Maximiliano., Anguiano Citlalli., Natzu L., García M.
Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ingeniería, Campus Mexicali, México
Blvd. Benito Juárez s/n, Unidad Universitaria
Tel. 686 5 66 42 70
mvera@uabc.edu.mx, rosacitlalli@uabc.edu.mx, luis.natzu@uabc.edu.mx, miguel_grc@uabc.edu.mx

RESUMEN.
Se presenta el estudio de la transferencia de calor por radiación electromagnética de un sistema óptico alimentado con una fuente de luz infrarroja, en él se analiza: la distribución espacial de luz generada, el área de la mancha de luz, la energía térmica que está genera y la variación de la temperatura sobre una placa fenólica o Placa de Circuito Impreso (PCB). Con la distribución uniforme de luz del sistema analizado, se obtiene una distribución uniforme de temperatura y se utiliza para realizar trabajos de soldadura en tarjetas electrónicas con circuitos integrados de montaje superficial.
Palabras Clave: Sistema óptico, mancha de luz, Placa de Circuito Impreso.

ABSTRACT.
In this work a study of the heat transfer by the electromagnetic radiation of an optical system with an infrared light source is presented. The spatial light distribution, the spot light, the thermic energy and the temperature variation on a metal plate or Printed Circuit Board (PCB) is analyzed. With the uniform light distribution of the system is obtained a uniform temperature distribution and it is used to perform welding on the electronic boards with the integrated circuits of the Surface Mount Technology.
Keywords: Optical system, light spot, Printed Circuit Board.

1. INTRODUCCIÓN

Los circuitos integrados (CI) de montaje superficial son ampliamente utilizados en la industria electrónica, ya que con estos se reduce el tamaño y peso de los componentes electrónicos. La mayoría de los equipos electrónicos de última generación domésticos e industriales están constituidos por este tipo de CI. En el diseño y desarrollo de elementos electrónicos que realizan tareas específicas, cada vez más le adhieren diversas etapas u otros elementos como: elementos ópticos o conectores de entrada y/o salida; con esto elevan la tasa de operación del nuevo elemento. Este tipo de CI se fabrican con la Tecnología de Montaje Superficial SMT (por sus siglas en inglés: Surface Mount Technology). Los componentes SMT contienen un gran número de terminales pequeñas para su conexión, siendo algunos de estos tipos de componentes de difícil acceso para soldarse en las tarjetas electrónicas, o Placas de Circuito Impreso (PCB, por sus siglas en inglés: Printed Circuit Board) [1] y chip [2]. Por esta razón, consideramos que el proceso de soldadura necesita estar evolucionando, para que las nuevas generaciones de CI se puedan soldar o desoldar a las tarjetas electrónicas sin dañarlos. Entre los sistemas de soldadura sin contacto, el que utiliza luz infrarroja (IR) en general tiene mejor rendimiento que los sistemas de soldadura por convección de flujo de masa de aire caliente al tener mayor control en la temperatura alcanzada en el área específica en la que se desea se desarrolle el proceso de soldadura. [3]. Varios sistemas de infrarrojos se han desarrollado previamente con fines científico-tecnológicos [4, 5, 6], o con fines comerciales de consumo industrial [7]. En este trabajo se presenta el estudio de energía térmica generada un sistema óptico con luz IR, en una placa fenólica de para soldar o desoldar circuitos integrados.

2. DESARROLLO.

El objetivo del arreglo óptico es que con una fuente de luz infrarroja (IR) se genere una distribución de temperatura uniforme sobre las terminales del CI, para fundir la soldadura y unir el CI a la tarjeta electrónica; todo esto sin sobrecalentar o dañar los componentes electrónicos por exceso temperatura.
El arreglo óptico propuesto se basa en el método de iluminación de Khöler y lo conforman los siguientes elementos: fuente de luz IR, elemento difusor de luz, lente asférica, lente plano-convexa y objeto donde se concentra la energía térmica generada por el sistema óptico.
La fuente de luz IR, proporciona la radiación electromagnética para generar la temperatura requerida para soldar las terminales de los CI en la tarjeta electrónica. Esta cuenta con un reflector elíptico para concentrar en el foco frontal del reflector la mayor cantidad de rayos de luz emitidos. Las dimensiones y el trazo de rayos de luz de este tipo de reflector se muestran en la figura 1.

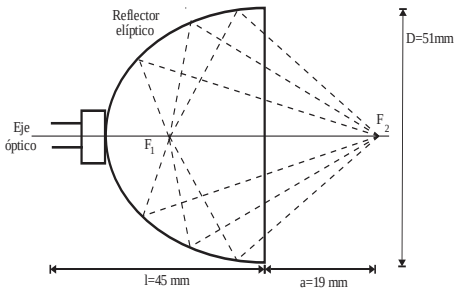

Figura 1. Reflector elíptico y su trazo de rayos

El elemento utilizado para obtener una distribución uniforme de luz, es el difusor, un vidrio esmerilado mostrado en la figura 2, en el cual la luz que incide en él y traspasa, se dispersa para obtener una distribución uniforme de la mancha de luz.

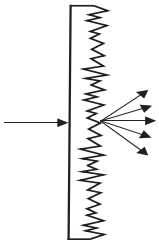

Figura 2. Difusor de luz y su trazo de rayos de

La lente asférica o lente condensadora, es el elemento que se encarga de colectar y colimar los rayos de luz divergentes que emergen del difusor de luz, como se muestra en la figura 3. Una de las características que presenta la lente asférica es que reduce las aberraciones esféricas, que puedan presentarse en el sistema.

La lente biconvexa, es la encargada de colectar los rayos de luz provenientes de la lente asférica y converger o divergir estos mismos, dependiendo del foco de la lente y la ubicación en donde sea colocado el plano a soldar. El trazo de rayos de este tipo de lente es mostrado en la figura 4.

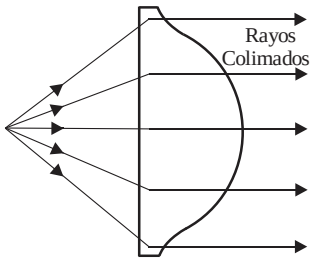

Figura 3. Lente asférica y su trazo de rayos.

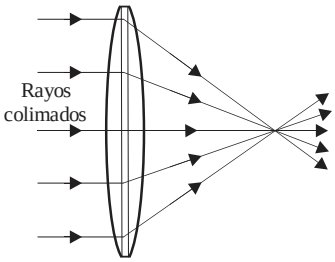

Figura 4. Lente biconvexa y su trazo de rayos.

2.1 ARREGLO ÓPTICO

El arreglo óptico construido y el trazo de rayos de luz para estudiar la energía térmica y soldar el CI en tarjetas electrónicas se muestra en la figura 5. En la construcción del arreglo óptico se utiliza una lámpara OSRAM HLX-64635 QTH (Cuarzo-Tungsteno-Halógeno) de 150 Watts de consumo eléctrico [8], con reflector elíptico recubierto de oro, como fuente de luz infrarroja.

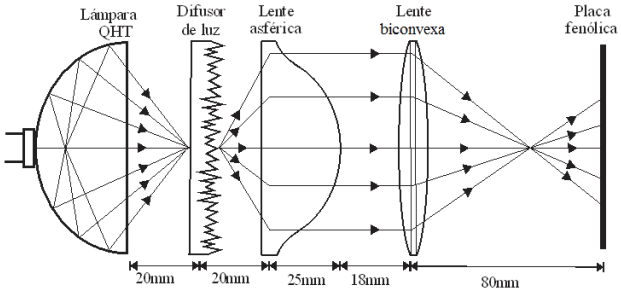

Figura 5. Arreglo óptico.

En el foco frontal de la lámpara se tiene una temperatura cercana a los 1300ºC. Aproximadamente el 80% de la energía emitida por la lámpara QTH se encuentra en la región del infrarrojo, cerca del 20% de la emisión de luz es luz visible y menos del 1% de la emisión está en la región de ultravioleta [9]. El difusor de luz mostrado en la figura 2, se coloca a una distancia de 20 mm de la lámpara QTH, para que la salida sea una mancha de luz homogénea; a esa distancia tenemos una temperatura menor a los 1300ºC, ya que el material con que se fabrica el difusor (fused silica) y las lentes ópticas soporta 1100ºC (punto de deformación). La lente asférica, tiene una distancia focal de 40mm, diámetro de 50 mm y se ubica a 20 mm del difusor de luz, como se muestra en la figura 5, ya que a esa distancia la mancha de luz cubre totalmente la cara de la lente y emergen rayos de luz colimados. La lente biconvexa ubicada 18mm de la lente asférica capta los rayos colimados, los hace converger en su foco y posterior a este plano se forma la mancha de luz uniforme sobre la placa fenólica, siendo está mancha de luz la que genera la temperatura de fusión de la soldadura.

3. EXPERIMENTACIÓN.

En el plano donde se ubica la placa fenólica un área limitada, se genera una mancha de luz, siendo está formada por la luz IR que genera la lámpara QTH. La intensidad de la radiación IR sobre la placa fenólica o PCB puede variar por dos condiciones. Primero por aplicar menor voltaje a la lámpara QTH y segundo por alejar la placa fenólica de la última lente biconvexa, la cual se encarga de darle el tamaño a la mancha de luz. La variación de la intensidad de radiación IR, ocasiona variación en la temperatura generada por la mancha de luz. Las soldaduras que se utilizan en los tableros electrónicos (soldaduras blandas), se fabrica en forma de alambre, tiras, pasta, polvo u otras formas. En la forma de alambre sólido contiene resina o ácido en el núcleo. También se fabrican diversas aleaciones de soldadura blanda que contienen estaño, plomo, plata, cobre, antimonio u otras composiciones. En la tabla No.1, se indica la temperatura de fusión para algunos tipos de soldadura blanda. Como se observa en la tabla No.1 el rango de fusión de este tipo de soldadura esta entre 140 a 305^{0}C.

4. RESULTADOS.

La medición de las temperaturas en el PCB, se realizó con la cámara termográfica Fluke TI400, muestra imágenes 2D y 3D; así como el valor numérico de la temperatura en donde se le indique sobre la imagen térmica. Los experimentos con el arreglo óptico propuesto para soldar CI en placas electrónicas, se realizaron con cuatro diferentes voltajes (7, 8, 9 y 10 v) aplicados a la lámpara QTH, como se indica en la tabla No. 2, con las siguientes características en el PCB en pistas y área para soldar (pads) las terminales del CI; para cada caso:
1). PCB con pistas y pads de cobre sin recubrir o pintar.
2). PCB con pistas pintadas y pads recubiertos de estaño.
3). PCB con pistas pintadas, pads recubiertos de estaño y un CI sobre los pads.

En todos los casos indicados se aplica el voltaje correspondiente a la lámpara QTH y después de 4 minutos se capturaron las imágenes térmicas que se generan con la mancha de luz. Se apaga la lámpara y con un tiempo de espera de 4 minutos para que la placa disipe el calor, se realiza el experimento siguiente. Para el segundo y tercer caso las pistas se pintaron de color negro mate y los pads se cubrieron de estaño.

Tabla No.1. Temperaturas de fusión para soldaduras blandas [10].

Tipo de soldadura	Aleación	Temp. de fusión
Estaño	Sn99,75	232°C
Estaño-Cobre	Sn97Cu3	230-250°C
	Sn99Cu1	230-240°C
Estaño–Plata	Sn97Ag3	221-230°C
	Sn96Ag4	221°C
Estaño–Plomo	Sn63Pb37	183°C
	Sn60Pb40	183-190°C
	Sn50Pb50	183-215°C
	Sn90Pb10	183-220°C
Estaño–Zinc	Sn70Zn30	200-320°C
Estaño–Plata–Cobre	Sn95,5Ag3,8Cu0,7	217-218°C
Estaño–Plomo–Cadmio	Sn50Pb32Cd	145°C
Estaño–Plomo–Cobre	Sn62Pb37Cu1	183°C
	Sn60Pb38Cu2	183-190°C
Estaño–Plomo–Plata	Sn62.5Pb36Ag1.5	179°C
	Sn62Pb36Ag2	178-190°C
	Sn57Pb39Ag4	175-180°C
Plomo–Estaño	Pb60Sn40	183-235°C
	Pb70Sn30	183-255°C
	Pb75Sn25	183-262°C
	Pb92Sn8	280-305°C
	Pb82Sn18	183-270°C
Plomo–Estaño–Bismuto	Pb48Sn32Bi	140-160°C
Plomo–Estaño–Plata	PbSn5,5Ag2,5	286-301°C
	PbSn2,5Ag2,5	300-305°C
	PbSn15Ag1	200-280°C
Plomo–Estaño–Zinc	PbSn20Zn4,5	170-267°C
	PbSn25Zn1,5	170-261°C

Para todos los caso se utiliza la tarjeta que se muestra en la figura 6. En los experimentos del primer caso y con los cuatro diferentes voltajes aplicados a la lámpara QTH, las imágenes térmicas poseen el mismo comportamiento. En la figura 7 se muestran las imágenes térmicas generadas con 10v aplicados en la lámpara QTH. Las diferencias entre las imágenes son las magnitudes de las temperaturas en los mismos puntos y valores máximos, estos se muestran en la tabla No. 2.

Tabla No.2. Temperaturas máximas del primer experimento, medidas con la cámara termográfica.

Lámpara		Pista Sin pintar	Pad sin pintar
V	A	°C	°C
7	6.5	31.4	36.3
8	7.1	40	44.1
9	7.6	40.7	49
10	8.1	40.2	52.2

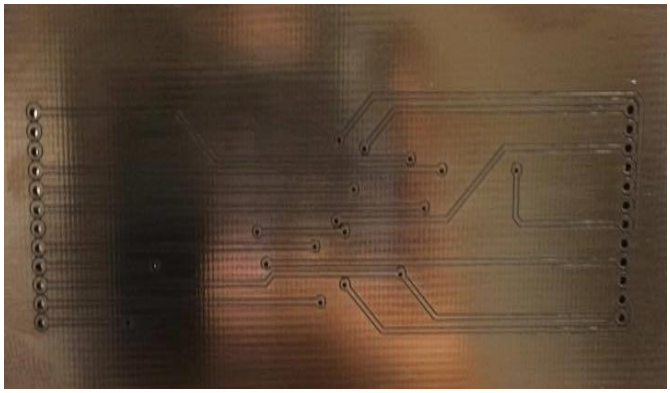

Figura 6. PCB para los experimentos en el sistema óptico.

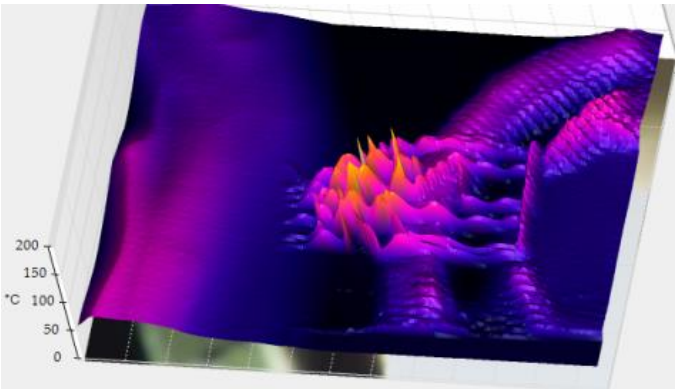

Figura 7. Imágenes térmicas del PCB, sin recubrir pistas y pads.

En el segundo caso y para los cuatro diferentes voltajes aplicados a la lámpara QTH, las imágenes térmicas conservan la misma forma. En la figura 8 se muestran las imágenes térmicas generadas con 10v aplicados en la lámpara QTH. Las diferencias al igual que en el primer caso son las magnitudes de las temperaturas en los mismos puntos y estas se muestran en la tabla No. 3.

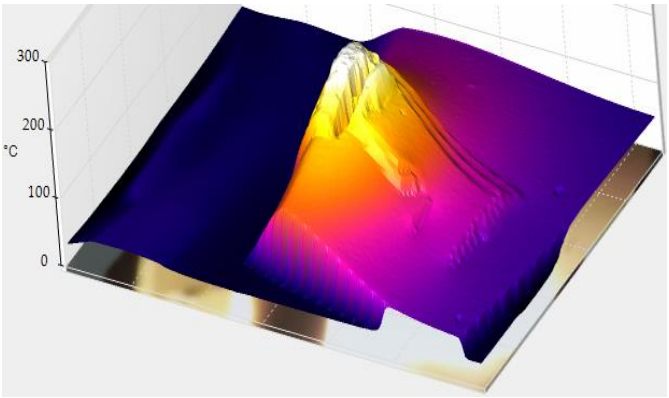

Figura 8. Imágenes térmicas del PCB, pistas pintadas y pads con estaño.

Tabla No.3. Temperaturas máximas del segundo experimento, medidas con la cámara termográfica.

Lámpara		Pista pintada	Pad con estaño
V	A	°C	°C
7	6.5	164.9	160.2
8	7.1	206.4	194.4
9	7.6	239.9	235
10	8.1	272.2	266.9

En el tercer caso se colocó un CI SMT sobre los pads. Para los cuatro diferentes voltajes aplicados a la lámpara QTH y para todos los voltajes aplicados en la lámpara, las imágenes térmicas tienen la misma distribución de temperatura. En la figura 9 se muestran las imágenes térmicas generadas con 10v aplicados en la lámpara. Las diferencias en las magnitudes de las temperaturas se muestran en la tabla No. 4. En la figura 10, se muestra la tarjeta con el CI soldado con el arreglo óptico.

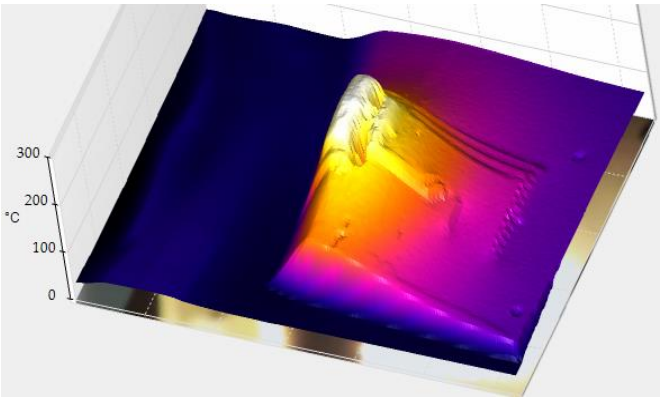

Figura 9. Imágenes térmicas del PCB, pistas pintadas, pads con estaño y CI.

Tabla No.4. Temperaturas máximas del tercer experimento, medidas con la cámara termográfica.

Lámpara		Pista pintada	Pad con estaño
V	A	°C	°C
7	6.5	151.3	148
8	7.1	188.3	184
9	7.6	215.7	214.3
10	8.1	246.7	233.3

En el primer experimento, la temperatura máxima medida con la cámara termográfica (Tabla No.2), no alcanzan la temperatura mínima requerida para que algún tipo de soldadura blanda alcance su punto de fusión.

En el segundo experimento, la temperatura máxima medida con la cámara termográfica (Tabla No.3), sobrepasan el valor mínimo (140^0C) para que algunas soldaduras blandas alcancen la fusión; pero con 10v aplicados a la lámpara QTH del arreglo óptico no se logra el valor máximo (305^0C) del rango para la fusión de algunas soldaduras blandas. La temperatura máxima indicada en la imagen térmica está entre las dos hileras de pads.

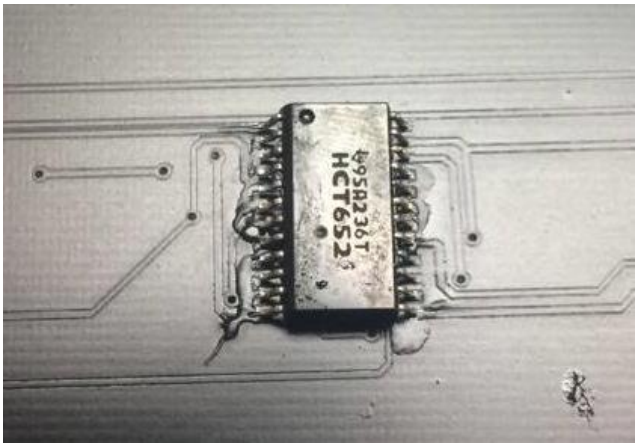

Figura 10. Tarjeta con CI soldado con el arreglo óptico.

En el tercer experimento que incluye el CI en la tarjeta, la temperatura máxima medida con la cámara termográfica (Tabla No.4), sobrepasan el valor mínimo (140^0C) para que algunas soldaduras blandas alcancen la fusión; pero con 10v aplicados a la lámpara QHT del arreglo óptico se genera 233.3°C que es menor que la temperatura máxima (305^0C) del rango para alcanzar la temperatura de fusión de algunas soldaduras blandas. La temperatura máxima indicada en la imagen térmica está en el cuerpo del CI, pero con la temperatura generada en los pads y terminales del CI SMT, se logró soldar el CI a la tarjeta con soldadura de Estaño–Plomo Sn60Pb40, que tiene un rango de fusión de 183-190°C.

5. CONCLUSIONES

La energía térmica generada en el PCB, no depende únicamente del voltaje aplicado a la lámpara QTH, también está en función de minimizar la reflexión de luz en la tarjeta y CI. La reflexión se minimizo pintando con negro mate las pistas y estañando los pads previamente. De esta forma se logró el aumento de la temperatura y soldar el CI en la tarjeta. Además la lámpara QTH no se le aplicó el voltaje máximo de operación (15v) para obtener la energía térmica máxima, ya que a los 10v se puedo soldar el CI a la tarjeta. Con el resultado de los experimentos realizados se logró el objetivo de soldar CI SMT con una fuente de luz IR.

REFERENCIAS

[1] T. Fukushima et. al., “3D memory chip stacking by multi-layer self-assembly technology”, IEEE International 3D Systems Integration Conference (3 Dic), 2013.

[2] S. L. Kanuparthi, J. E. Galloway and S. McCain, “Impact of heatsink attach loading on FCBGA package thermal performance”, 13th IEEE intersociety conference on thermal and thermomechanical phenomena in electronic system, 2012, pp. 216-223.

[3] R. Strauss, SMT soldering handbook, Newnes, 1998.

[4] S. Sakuyama, H. Uchida, I. Watanabe, K. Natori and T. Sato, “Reflow Soldering Using Selective Infrared Radiation”. Proceedings of 1995 Japan International, 18th IEEE/CPMT International, 1995, pp. 393-396.

[5] C. Anguiano, M. Félix, A. Medel, D. Salazar and H. Márquez, “Heating capacity analysis of a focused infrared light soldering system”, 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, 2011, pp. 2136-2140.

[6] C. Anguiano, M. Félix, A. Medel, M. Bravo, D. Salazar, H. Márquez, “Study of heating capacity of focused IR light soldering systems”, Optics Express, Optical Society of America (OSA), 2013, pp. 23851-23865.

[7] R. H. Gibbs and D.J. Lowrie, “Infra-red rework station”, patent number: 4,843,216; 1989.

[8] Osram Product information Bulletin. “64635 HLX Tungsten Halogen Lamp”.

[9] M. Félix, A. Medel, A. González, H. Márquez, D. Slazar, C. Angiano, “QHT lamp optical output power analysis for SMT component’s infrared light soldering systems”, 978-1-4799-4032-5/14. IEEE, 2014

[10] ww.innovator.com.pl/es/stopy_metali/stopy_lutownicze/