

## HIGH SPEED-HIGH RESOLUTION-SENSOR FÜR DIE LEITERPLATTENINSPEKTION

## HIGH SPEED-HIGH RESOLUTION SENSOR FOR CONDUCTOR BOARD INSPECTION

Bei der Leiterplattenherstellung kann die Bestimmung von Höhe und Volumen der aufgetragenen Lotpaste zur Qualitätskontrolle verwendet werden. Zusammen mit einem mittelständischen Unternehmen für Prüftechnik in der Elektronikindustrie wurde ein streifenprojektionsbasierter Sensor entwickelt, mit dem Leiterplatten innerhalb des Fließbandprozesses vermessen werden können. Durch den Sensor wird die Bestimmung der Höhe des Lotpastenauftrags bzgl. des Leiterplattensubstrats und seines Volumens realisiert.

Der Sensor besteht aus einem Streifenprojektor und zwei hochauflösenden Kameras (Abb. 1) und wurde in das Inspektionssystem für die Leiterplatten integriert. Er befindet sich annähernd senkrecht über der waagrecht liegenden Leiterplatte und wird für die Realisierung unterschiedlicher Messpositionen durch ein mechanisches Führungssystem auf zwei waagerechten Achsen bewegt. In einer Messposition wird jeweils ein 50 mm × 40 mm großer Ausschnitt einer Leiterplatte vermessen. Dann wird der Sensor durch das Führungssystem in ca. 140 ms weiterbewegt, und ein neuer Leiterplattenausschnitt wird analysiert. Je nach Größe der Leiterplatte werden so ca. 8 bis 20 Messpositionen realisiert.

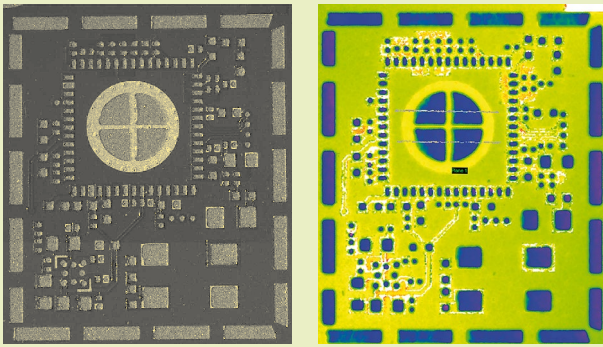
The measurement of wet soldering paste is used in the quality control of the production of conductor boards. Together with a medium-sized business for test engineering in the electronics industry, a sensor based on fringe projection technique was developed at the Fraunhofer Institute of Applied Optics and Precision Engineering. It allows the measurement of conductor boards within the production line process. The measurement of the height and volume of the soldering paste according to the substrate is realized by the sensor.

The sensor consists of a fringe projector and two high resolution cameras (Fig. 1) and was integrated into the inspection system for the conductor board. It is arranged approximately perpendicular over the horizontally aligned conductor boards. For realization of different measuring positions, it is moved by a mechanical moving system on two horizontal axes.

One measuring position covers a 50 mm × 40 mm area of the conductor board by projection and observation. The sensor is moved by the guide system in approximately 140 ms to the next position, where a new section of the conductor board can be analyzed.

1 Sensor (Laboraufbau).

1 Prototype of the sensor.



2

Bei der Verfahrbewegung ist der Sensor sehr hohen Beschleunigungen ausgesetzt, was an die mechanische Belastbarkeit besondere Anforderungen stellt. Diese mechanische Stabilität des Sensors wird durch die Verwendung eines Gestells aus Karbon, an das die Sensorkomponenten verschraubt und verklebt wurden, erreicht.

Die Oberfläche einer zu inspizierenden Leiterplatte ist sehr inhomogen. Die nur auf den metallischen Flächen aufgebrachte Lotpaste reflektiert das projizierte Licht zum größten Teil diffus, was Voraussetzung für eine bestimmte Messgenauigkeit des Streifenlichtsensors ist. Im Gegensatz dazu besitzt das Leiterplattensubstrat meistens eine sowohl reflektierende als auch transluzente Oberfläche, was zu systematischen und zufälligen Messfehlern führt. Diese werden eliminiert, indem der Einfallswinkel des projizierten Lichts so groß gewählt wird, dass die auftretenden Reflexionen nicht mehr in den Kamerabildern abgebildet werden. Der systematische Fehler durch das Eindringen des Projektionslichts in die Leiterplattenoberfläche wird durch experimentell bestimmte Korrekturwerte beseitigt. Abbildung 2 zeigt eine Leiterplatte und das Messergebnis.

Um die geforderte Prüfgeschwindigkeit zu erzielen, mussten gegenüber den bisher entwickelten Systemen deutliche Verkürzungen der Bildaufnahmezeit und eine Beschleunigung der Berechnungen erreicht werden. Dies wurde durch eine Reihe neuer Algorithmen realisiert. So wurde der Algorithmus zur Phasenberechnung für beliebige Phasenschritte erweitert. Praktische Anwendung finden im System der 8- und der 6-Phasen-Algorithmus [1].

Depending on the size of the conductor board, between eight and 20 measuring positions can be realized. During movement, the sensor is exposed to very high accelerations, which places special demands on the mechanical resistance. The mechanical solidity of the sensor is attained by using a construction consisting of carbon, on which the sensor components were bolt and glued.

The surface of a conductor board to be analysed is very inhomogeneous. The soldering paste, which is only applied to metallic surfaces, reflects the projecting light mostly diffusely, which is pre-condition for a specific sensor measurement accuracy. By contrast, the conductor board substrate has mostly both reflecting and translucent surfaces. This leads to systematic and random measurement errors. These errors are eliminated by choosing an angle of incidence of the projecting light such that the occurring reflection will no longer be projected on the camera images. The systematic error, which appears because of the penetration of the projecting light into the conductor board surface, is compensated by correction values which are determined experimentally. Figure 2 shows a conductor board and the measurement result.

In contrast to previously developed systems, strict reduction of the picture recording time and accelerated computing had to be reached in order to achieve the requested testing velocity. This was realized by implementation of a series of new algorithms. The phase determination algorithm was expanded for any phase steps. The eight- and the six-phase algorithm, respectively, are used in the system [1].

2 Foto Leiterplatte (links), Messergebnis, Höhenwerte farbcodiert (rechts).

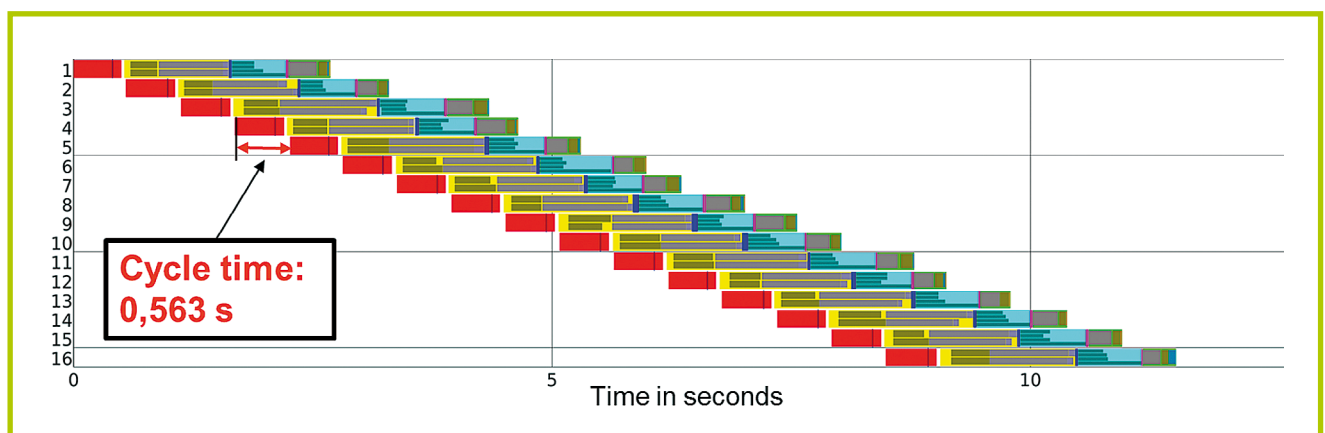
2 Conductor board (left), measurement result, values of height: color-coded (right).

Durch die Verwendung der Epipolargeometrie wurde die Anzahl der Bilder pro Sequenz halbiert. Die bisher durch den Gray-Code realisierte Verstetigung der Rohphasenwerte erfolgt nun durch die Anwendung eines neu entwickelten Algorithmus unter Ausnutzung der geometrischen Eigenschaften der Messobjekte (geringe Höhenausdehnung des Messvolumens). Dadurch wird eine weitere Verkürzung der Bildsequenzen realisiert [2].

Projektion und Bildaufnahme durch die verwendeten High-resolution-Kameras mit 5 Megapixel erfolgen mit 15 Hz Bildwiederholfrequenz. Die örtliche Messauflösung beträgt 20 µm (mittlerer Pixelabstand im Objektraum). Die Auswertung der extrem großen Datenmengen bis zum Erhalt eines niveauekorrigierten Höhenmappings des Lotpastenauftrags in der geforderten Geschwindigkeit wird durch eine Parallelisierung von 16 Berechnungs- und Auswertebläufen erreicht (Abb. 3).

By using epipolar geometry, the number of images per sequence was set to the half. The unwrapping of the phase values, which was previously realized by the Gray code, is now carried out by a special new algorithm with utilization of the geometrical features of the measuring objects (low height expansion of the measurement volume), thereby attaining a further reduction of the image sequence length [2].

Projection and image recording by the high resolution cameras with 5 megapixels are done at a 15 Hz image frame rate. The local measurement resolution is 20 µm (average pixel distance in object space). The analysis of the extreme amounts of data required before the level-corrected height mapping of the soldering paste in the requested velocity is achieved, is effected by parallelization of 16 computing and analysis processes (Fig. 3).



**3** *Parallele Datenverarbeitung bei 16 Messungen in 12 s Gesamtzeit: Ein Balken entspricht einer vollständigen Messung inkl. Bildaufnahme, Speicherung, Operatorkette, 3D-Punktberechnung und Ergebnisspeicherung, rot = Bildaufnahme, gelb = Phasenberechnung, grau = Koordinatenberechnung, türkis = Ergebnistransformation, grau = Speicherung. | Parallel data processing with 16 measurements in 12 s total time: One bar equals a complete measurement, including image recording = red, phase computing = yellow, coordinate computing = grey, result transformation = turquoise, storage = grey.*

Mit dem entwickelten Sensor wird die Vermessung des Lotpastenauftrags mit einer Prüfgeschwindigkeit von bis zu 35 cm<sup>2</sup>/s realisiert. Dies entspricht einer Messgeschwindigkeit von 8,9 Mio. Pixel/s. Die Zykluszeit für eine Messposition beträgt somit 0,563 s (Abb.3). Die Messunsicherheit des Systems ist < 8 µm.

Using the developed sensor, the measurement of the soldering paste with an inspection velocity up to 35 cm<sup>2</sup>/s was realized. This equals a measurement velocity of 8.9 megapixels/s. The cycle time for one measuring position is 0.563 s (Fig. 3). The measuring uncertainty of the system is < 8 µm.

#### Literatur/Referenzen

- |1| Creath, K: Comparison of phase-measurement algorithms. Surface characterization and testing. Proc. SPIE 680, pp. 19–28, 1986.
- |2| Bräuer-Burchardt, C.; Munkelt, C.; Heinze, M.; Kühmstedt, P.; Notni, G.: Fringe code reduction for 3D measurement systems using epipolar geometry. Proc. PCVIA, ISPRS, Vol. XXXVIII, Part 3A, 192–197, 2010.

## AUTHORS

*Christian Bräuer-Burchardt  
Ingo Schmidt  
Matthias Heinze  
Peter Kühmstedt  
Gunther Notni*

## CONTACT

*Dr. Christian Bräuer-Burchardt  
Phone +49 3641 807-235  
christian.braeuer-burchardt@  
iof.fraunhofer.de*

*Dr. Peter Kühmstedt  
Phone +49 3641 807-230  
peter.kuehmstedt@iof.fraunhofer.de*