

Streszczenie

Układy elektroniczne zbudowane są z różnorodnych komponentów. Jednymi z nich są urządzenia półprzewodnikowe, które składają się z obudowy i elementu półprzewodnikowego, nazywanego również półprzewodnikiem. Wraz ze zmianą temperatury półprzewodnika zmieniają się właściwości urządzenia półprzewodnikowego, a w konsekwencji działanie układu elektronicznego zawierającego to urządzenie. Dlatego informacja o bieżącej temperaturze półprzewodnika jest ważna na etapie prototypowania i eksploatacji urządzeń półprzewodnikowych.

W rozprawie zaproponowano metodę termowizyjnego pomiaru temperatury elementów półprzewodnikowych. Przedstawiona metoda pośredniego pomiaru temperatury umożliwi oszacowanie temperatury elementu półprzewodnikowego w działającym układzie elektronicznym. Zaproponowana metoda składa się z dwóch głównych etapów: termowizyjnego pomiaru temperatury odpowiednio wybranego miejsca na obudowie urządzenia półprzewodnikowego oraz oszacowania temperatury elementu półprzewodnikowego na podstawie wyniku uprzednio wykonanego pomiaru termowizyjnego. Do pomiaru temperatury obudowy zastosowano kamerę termowizyjną z matrycą niechłodzonych czujników mikrobolometrycznych działających w paśmie LWIR. Dla oszacowania temperatury elementu półprzewodnikowego wykonano symulacje numeryczne (MES) rozkładu temperatury w wybranych obudowach urządzeń półprzewodnikowych. Opracowano budżet niepewności pomiaru temperatury elementu półprzewodnikowego.

Dla oceny metrologicznej zaproponowanej metody pomiaru przeprowadzono badania porównawcze. Wyniki pomiaru według zaproponowanej metody zestawiono z wynikami pomiarów temperatury elementów półprzewodnikowych metodą elektryczną oraz wynikami obliczeń symulacyjnych. Wyznaczone wartości niepewności pośredniego pomiaru metodą elektryczną porównano z niepewnością pomiaru określoną na podstawie opracowanego budżetu – uzyskano części wspólne przedziałów ufności. W przeprowadzonych badaniach wykonano pomiary temperatury elementów półprzewodnikowych wykonanych na bazie krzemu, węgliku krzemu oraz azotku galu w obudowach TO-220 oraz TO-247. Wyznaczono temperaturę urządzeń półprzewodnikowych bez radiatora oraz z dołączonymi radiatorami o różnej rezystancji termicznej dla konwekcji swobodnej. W celu przeprowadzenia badań zbudowano specjalistyczne stanowisko pomiarowe.

Przedstawione w rozprawie wyniki badań eksperymentalnych i symulacyjnych dowodzą, że możliwe jest wykonanie pośredniego termowizyjnego pomiaru temperatury elementu półprzewodnikowego z akceptowalną niepewnością.

Abstract

Electronic circuits are built from a variety of components. Among these are semiconductor devices, which consist of a housing and a semiconductor element, also known as a semiconductor. As the temperature of the semiconductor changes, the properties of the semiconductor device and consequently the performance of the electronic circuit containing the device change. Therefore, information on the current temperature of the semiconductor is important in the prototyping and operation of semiconductor devices. **This dissertation proposes a method for and the advantages of thermal imaging measurement of the temperature of semiconductor elements.**

The presented method of indirect temperature measurement makes it possible to estimate the temperature of a semiconductor element in an operating electronic circuit. The proposed method consists of two main steps: thermal imaging measurement of the temperature of a suitably selected location on the semiconductor device housing and estimation of the semiconductor element temperature based on the result of the thermal imaging measurement performed previously. A thermal imaging camera with a matrix of uncooled microbolometer sensors operating in the LWIR band was used to measure the temperature of the housing. To estimate the temperature of the semiconductor element, numerical simulations (FEA) of the temperature distribution were performed for selected semiconductor device housings. An uncertainty budget for the semiconductor element temperature measurement was developed.

For the metrological evaluation of the proposed method, comparative tests were carried out. The measurement results from the proposed method were compared with the results of temperature measurements of semiconductor elements using the electrical method and the results of simulation calculations. The uncertainty values determined for the indirect measurement using the electrical method were compared with the measurement uncertainty determined on the basis of the developed budget, and common parts of the confidence intervals were obtained. In this study, temperature measurements of silicon, silicon carbide and gallium nitride-based semiconductor elements in TO 220 and TO 247 housings were taken. The temperatures of semiconductor devices without heat sinks and with attached heat sinks of different thermal resistance for free convection were determined.

A specialised test bench was built to carry out the tests. The experimental and simulation results presented in the dissertation demonstrate that it is possible to perform **indirect thermal imaging measurements of the temperature of a semiconductor component with acceptable uncertainty.**