

## STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

na temat:

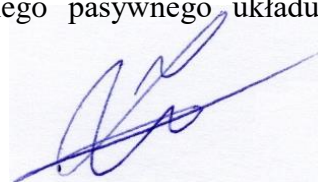
*„Badania właściwości termofizycznych modyfikowanych wosków parafinowych pod kątem możliwości ich zastosowania do chłodzenia paneli LED dużej mocy”*

Autor: mgr inż. Piotr ZBIŃKOWSKI

Promotor: prof. dr hab. inż. Janusz ZMYWACZYK

Promotor pomocniczy: ppłk dr inż. Michał FRANT

Prezentowana praca dotyczy badań właściwości termofizycznych organicznych wosków parafinowych produkowanych przez firmę POLWAX S.A. (LTP 56/20, LUXOLINA, LUXOLINA ST, LTP ST) oraz wosku Bolsius, z których to wosk LTP ST poddano następnie modyfikacji polegającej na dodaniu do niego wielościennych nanorurek węglowych (MWCNT) o udziałach masowych (1,99%, 3,49%, 5,35%) albo nanodrutów srebra (SNW) o udziałach masowych (0,26%, 0,32%, 1,06%) w celu zwiększenia jego efektywnej przewodności cieplnej. Uzyskane za pomocą aparatury pomiarowej (DSC 404 F1 Pegasus, LFA 467, STA 2500 Regulus firmy NETZSCH) wyniki badań wosków, takie jak: charakterystyczne wartości temperatury przemian fazowych, entalpia właściwa topnienia lub krzepnięcia, charakterystyki temperaturowe ciepła właściwego, dyfuzyjności cieplnej oraz przewodności cieplnej, są oryginalne i wzbogacają dostępną na ten temat wiedzę. Stwierdzono, że dodatek MWCNT o udziale masowym 5,35% spowodował jedynie 5% wzrost przewodności cieplnej wosku LTP ST, natomiast dodatek SNW o udziale masowym 1,06% zwiększył znacząco przewodność cieplną czystego wosku LTP ST, która w temperaturze 10°C uległa zmianie o 94% z  $(0,289 \pm 5,1\%) \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  do  $(0,560 \pm 4,8\%) \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Praca doktorska nie ogranicza się jedynie do przedstawienia i analizy wyników badań doświadczalnych właściwości termofizycznych wybranych wosków parafinowych. Zawiera ona również praktyczne rozwiązanie problemu stabilizacji temperaturowej panelu LED dużej mocy, zgłoszonego przez producenta opraw oświetleniowych lamp ulicznych i dużych powierzchni użytkowych – firmę BioSolution. W tym celu został zaprojektowany i wykonany pasywny układ chłodzenia. Wykonano trzy wersje radiatorów: bez komory, z komorą oraz z komorą i uźebrowaniem wewnątrz tej komory. Dwie ostatnie wersje radiatorów zawierały w komorze relatywnie tani i łatwo dostępny na rynku wosk parafinowy pełniący rolę materiału zmienno-fazowego PCM. Wyniki pomiarów temperatury w funkcji czasu w wybranych punktach radiatora oraz płytki MCPCB zawierającej 28 diod POWER LED, każda o mocy 1 W wykazały, że osiągnięta została stabilizacja temperatury na powierzchni panelu LED osiągającej wartość około 58 °C, przy zasilaniu układu prądem stałym o mocy 34,5 W przez 96 godzin (przy braku radiatora temperatura wyniosła 90 °C po czasie 7 min.). Dodatkowo, opracowano model matematyczny złożonej wymiany ciepła z uwzględnieniem przejść fazowych pierwszego rodzaju, zachodzących w pasywnym układzie chłodzenia oraz dokonano jego walidacji eksperymentalnej, uzyskując dobrą zgodność wyników. W rezultacie przeprowadzonych prac potwierdzono możliwość wykorzystania wosku LTP ST z domieszką nanodrutów metali (na przykładzie SNW) jako kandydata do zastosowania w pasywnym układzie chłodzenia oraz wykazano możliwość budowy wydajnego pasywnego układu



chłodzenia wykorzystującego ciepło przemiany fazowej materiału PCM na bazie wosku parafinowego pod kątem chłodzenia paneli LED dużej mocy.

## ABSTRACT

PhD thesis on:

*„Research on the thermophysical properties of modified paraffin waxes in terms of their applicability for cooling high-power LED panels”*

The presented doctoral dissertation concerns research on the thermophysical properties of organic paraffin waxes produced by POLWAX S.A. (LTP 56/20, LUXOLINA, LUXOLINA ST, LTP ST) and Bolsius wax, of which the LTP ST wax was then modified by adding multiwalled carbon nanotubes (MWCNT) to it with mass fractions (1,99%, 3,49%, 5,35%) or silver nanowires (SNW) with mass fractions (0,26%, 0,32%, 1,06%) to increase its effective thermal conductivity. Wax test results obtained with the use of measuring equipment (DSC 404 F1 Pegasus, LFA 467, STA 2500 Regulus by NETZSCH), such as: characteristic temperature values of phase change, specific enthalpy of melting or solidification, temperature characteristics of specific heat, thermal diffusivity and thermal conductivity, are original and enrich the knowledge available on the subject. It was found that the addition of MWCNT with a mass fraction of 5,35% caused only a 5% increase in the thermal conductivity of the LTP ST wax, while the addition of SNW with a mass fraction of 1.06% significantly increased the thermal conductivity of pure LTP ST wax, which at temperature 10°C changed by 94% from  $(0,289 \pm 5,1\%) \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  to  $(0,560 \pm 4,8\%) \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . The doctoral thesis is not limited to the presentation and analysis of the results of experimental research on the thermophysical properties of selected paraffin waxes. It also includes a practical solution to the problem of temperature stabilization of a high-power LED panel, reported by the manufacturer of lighting fixtures lamps for streets and large usable areas - BioSolution. For this purpose, a passive cooling system has been designed and manufactured. Three versions of heat sinks were made: without a chamber, with a chamber, and with a chamber and fins inside this chamber. The last two versions of heat sinks in the chamber contained relatively cheap and easily available on the market paraffin wax used as a phase change material (PCM). The results of temperature measurements as a function of time at selected points of the heat sink and the MCPCB plate containing 28 POWER LEDs, each with a power of 1 W, showed that the stabilization of the temperature on the surface of the LED panel was achieved, obtaining a value of about 58 °C, when the system was powered with direct current by 34,5 W for 96 hours (in the absence of a heat sink, the temperature was 90 °C after 7 minutes). Additionally, a mathematical model of the complex heat transfer was developed, taking into account the phase transitions of the first type, occurring in the passive cooling system and experimentally validated, obtaining good compliance of the results. As a result of the work carried out, the possibility of using LTP ST wax with an admixture of metal nanowires (on the example of SNW) as a candidate for use in a passive cooling system was confirmed, and the possibility of building an efficient passive cooling system using the phase change heat of PCM material based on paraffin wax for cooling high power LED panels.

