



Zastosowanie modelu dwu-temperaturowego do opisu przepływu ciepła w skali mikro

Wykonał: **Marcin Olej**

Promotor: **Prof. dr hab. inż. Ewa MAJCHRZAK**

Kierunek: **Automatyka i Robotyka**

Specjalność: **Modelowanie komputerowe układów i procesów**

Celem pracy magisterskiej było dokonanie przeglądu literatury związanej z przepływem ciepła w skali mikro. Następnie, wykorzystując jeden z modeli matematycznych, przedstawiono opis przepływu ciepła w cienkiej warstwie metalowej, której grubość jest wyrażona w nanometrach, poddanej działaniu lasera o krótkim impulsie. Wykorzystano tzw. model dwu-temperaturowy, który składa się z dwóch sprzężonych równań opisujących rozkład temperatury elektronów i sieci krystalicznej. Tak sformułowane zadanie rozwiązano za pomocą metody różnic skończonych. Na podstawie opracowanego algorytmu stworzono program komputerowy, za pomocą którego wykonano szereg obliczeń dla różnych parametrów rozpatrywanego procesu. Sformułowano wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

Model matematyczny przepływu ciepła w nanowarstwie poddanej działaniu lasera o ultrakrótkim impulsie

Dwu-temperaturowy model opisujący czasoprzestrzenny rozkład temperatury składa się z dwóch równań. Pierwsze z nich dotyczy temperatury gazu elektronowego

$$C_e(T_e) \frac{\partial T_e(x,t)}{\partial t} = - \frac{\partial q_e(x,t)}{\partial x} - G[T_e(x,t) - T_l(x,t)] + Q(x,t)$$

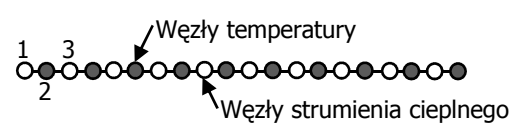
natomiast drugie temperatury sieci krystalicznej

$$C_l(T_l) \frac{\partial T_l(x,t)}{\partial t} = - \frac{\partial q_l(x,t)}{\partial x} - G[T_e(x,t) - T_l(x,t)]$$

gdzie $Q(x,t)$ jest funkcją źródła opisującą działanie lasera.

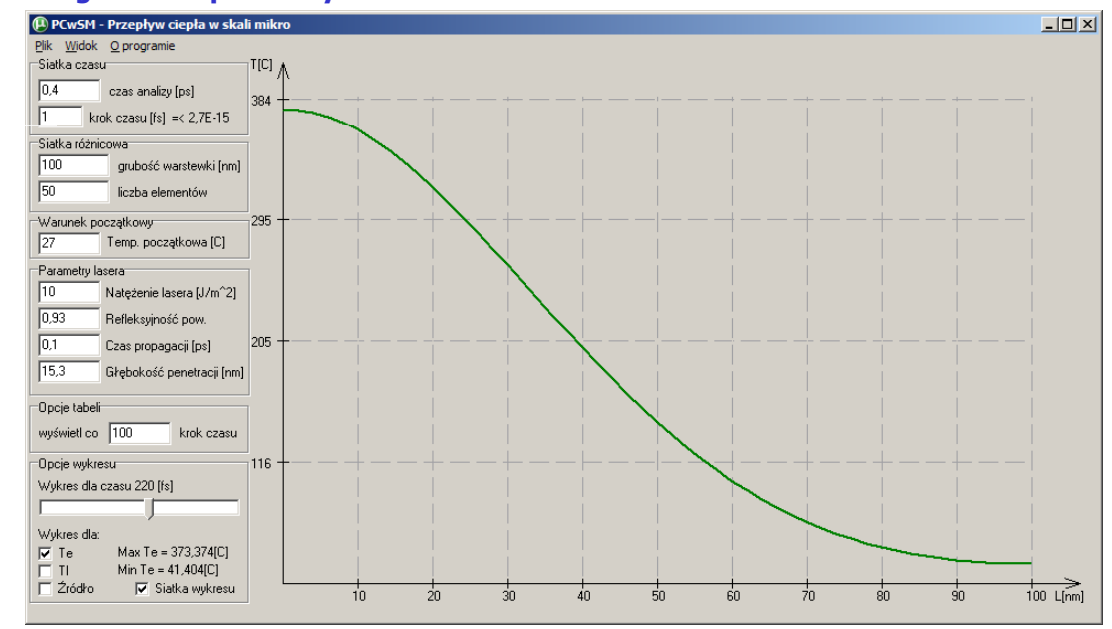
Model numeryczny – technika rozwiązania

Zadanie rozwiązano za pomocą jawnego schematu metody różnic skończonych. Wprowadzono dyskretyzację czasu ze stałym krokiem $\Delta t = t^j - t^{j-1}$ oraz siatkę różnicową przedstawioną na rysunku 1.

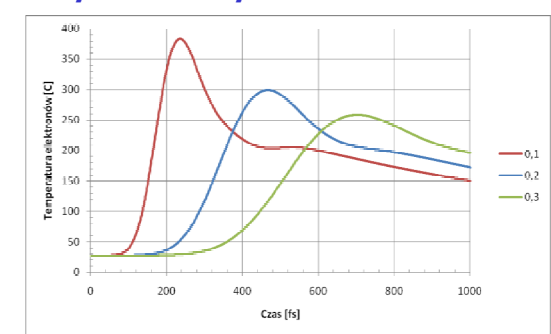


Rys. 1. Dyskretyzacja

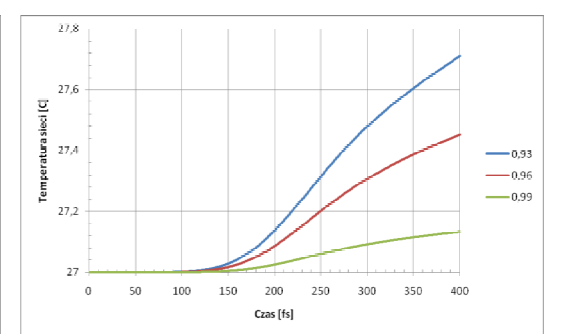
Program komputerowy



Przykładowe wyniki obliczeń



Rys. 2. Zmiany temperatury elektronów w punkcie 0[nm] w funkcji czasu w zależności od czasu charakterystycznego impulsu lasera t_p [ps]



Rys. 3. Zmiany temperatury sieci w punkcie 0[nm] w funkcji czasu w zależności od refleksyjności powierzchni R