

Modelowanie transportu ciepła w strukturach dielektrycznych i półprzewodnikowych poprzez dziewięcio-momentową hydrodynamikę gazu fononów z nieliniowym związkiem dyspersyjnym

Dominującym mechanizmem transportu ciepła w dielektrykach i półprzewodnikach są oddziaływania fononowe. Zatem w tym przypadku procesy termiczne opisuje się makroskopowo w terminach hydrodynamiki gazu fononów. Istotną cechą oddziaływań fononowych jest występowanie dwu skal czasu relaksacji odpowiadających „szybkim” procesom normalnym i „wolnym” procesom rezystywnym. Modelując zachowanie się zminiaturyzowanych struktur dielektrycznych i półprzewodnikowych pod wpływem dużych, dynamicznych obciążeń termicznych należy uwzględnić oba typy procesów. Najprostszą hydrodynamiką gazu fononów spełniającą ten warunek jest hydrodynamika dziewięcio-momentowa, której polami pierwotnymi są energia, strumień ciepła i dewiator strumienia ciepła. W pracach [1-5] rozpatrywano dziewięcio-momentowe hydrodynamiki gazu fononów związane z metodą maksymalizacji entropii, metodą Grada i metodą Chapmana-Enskog przy założeniu liniowego izotropowego związku dyspersyjnego i nieskończonej dziedziny wektorów falowych fononów. Okazało się, że konsekwencją tego założenia jest niezależność prędkości propagacji zaburzeń termicznych od temperatury ośrodka, co jest niezgodne z danymi doświadczalnymi. W związku z tym w pracy [6] zaproponowano wprowadzenie nieliniowego izotropowego związku dyspersyjnego do hydrodynamiki gazu fononów, przy czym ograniczono się do otrzymania cztero-momentowej teorii, nie uwzględniającej „szybkich” procesów normalnych. Celem rozprawy ma być uogólnienie tej teorii, tak aby obejmowała ona dziewięć momentów jako pola pierwotne, poprzez adaptację do przypadku nieliniowego i izotropowego związku dyspersyjnego metod momentowych wyprowadzonych w pracach [1-4]. Zakłada się rozpatrzenie zarówno przypadku skończonej jak i przypadku nieskończonej dziedziny wektorów falowych fononów. Temat ten łączy w sobie elementy metod momentowych kinetycznej teorii bezmasowych gazów kwantowych z fenomenologicznym modelowaniem transportu ciepła.

KONTAKT: Dr hab. Wiesław Larecki, ZTOC/PMAiTP, Pawińskiego 5B, Warszawa,
tel. 22 826 12 81 wew. 175, wlarecki@ippt.gov.pl

- [1] Banach Z, Larecki W. Nine-moment hydrodynamics based on the maximum-entropy closure: one-dimensional flow. *J Phys A: Math Gen* 2005;38:1-22.
- [2] Banach Z, Larecki W. Nine-moment hydrodynamics based on the modified Grad-type approach: formulation. *J Phys A: Math Gen* 2004;37:9805-29.
- [3] Banach Z, Larecki W. Nine-moment hydrodynamics based on the modified Grad-type approach: hyperbolicity of the one-dimensional flow. *J Phys A: Math Gen* 2004;37:11053-72.
- [4] Banach Z, Larecki W. Chapman–Enskog method for a phonon gas with finite heat flux. *J Phys A: Math Theor* 2008;41:375502.
- [5] Banach Z, Larecki W, Zajaczkowski W. Stability analysis of phonon transport equations derived via the Chapman-Enskog method and transformation of variables. *Phys Rev E* 2009;80:041114.
- [6] Larecki W, Banach Z. Consistency of the phenomenological theories of wave-type heat transport with the hydrodynamics of a phonon gas. *J Phys A: Math Theor* 2010;43:385501.