

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Карпатський національний університет імені Василя Стефаника**  
**ННЦ «Напівпровідникове матеріалознавство»**  
**АКАДЕМІЯ НАУК ВИЩОЇ ШКОЛИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова**  
**Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова**  
**Українське фізичне товариство**  
**Благодійний фонд "Івано-Франківське математичне товариство"**

**XX МІЖНАРОДНА ФРЕЙКІВСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ З ФІЗИКИ І  
ТЕХНОЛОГІЇ ТОНКИХ ПЛІВОК ТА НАНОСИСТЕМ**

**Матеріали**

*Івано-Франківськ, 06-10 жовтня, 2025*

---

---

*Ivano-Frankivsk, October 06-10, 2025*

**Materials**

**XX INTERNATIONAL FREIK CONFERENCE ON PHYSICS AND  
TECHNOLOGY OF THIN FILMS AND NANOSYSTEMS**

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**  
**Vasyl Stefanyk Carpathian National University**  
**Science & Educational Centre of Semiconductor Material Science**  
**ACADEMY OF SCIENCE OF HIGH SCHOOL OF UKRAINE**  
**NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF UKRAINE**  
**V.E. Lashkarev Institute of Semiconductor Physics**  
**G.V. Kurdyumov Institute of the Physics of Metals**  
**Ukraine Physics Society**  
**CO "Charitable Foundation "Ivano-Frankivsk Mathematical Society"**

УДК 539.2

Л 80

**XX Міжнародна Фрейківська конференція з фізики і технології тонких плівок та наносистем. *Матеріали*.** / За ред. Л.І. Никируя, Т. С. Потятинник, М. Д. Крайнова, І. Р. Міщук. Івано-Франківськ : Вид-во Карпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2025. 254 с.

Представлено сучасні результати теоретичних і експериментальних досліджень з питань фізики і технології тонких плівок та наносистем (метали, напівпровідники, діелектрики, провідні полімери; методи отримання та дослідження; фізико-хімічні властивості; нанотехнології і наноматеріали, квантово-розмірні структури, нанoeлектроніка, тощо. Матеріали підготовлено до друку Організаційним комітетом конференції та подано в авторській редакції.

Для наукових та інженерних працівників, що займаються проблемами тонкоплівкового матеріалознавства та мікроелектроніки.

Рекомендовано до друку вченою радою Фізико-технічного факультету Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

**XX International Freik Conference Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. *Materials*.** / Ed. by L.I. Nykyruy, T. S. Potiatynnyk, M. D. Krainova, I. R. Mishchuk. Ivano-Frankivsk : Publisher Vasyl Stefanyk Carpathian National University, 2025. 254 p.

The results of theoretical and experimental researches in directions of the physics and technology of thin films and nanosystems (metals, semiconductors, dielectrics, and polymers; and methods of their investigation; physic-chemical properties of thin films; nanotechnology and nanomaterials, quantum-size structures; thin-film devices of electronics, are presented. The materials preformed for printing by Conference's Organization Committee and Editorial Board, are conveyed in authoring edition.

For scientists and reserchers on the field of thin-film material sciences and nanoelectronics.

© Карпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2025

© Vasyl Stefanyk Carpathian National University, 2025

## Role of the acoustic phonon spectrum components in the formation of thermophysical properties of wurtzite-structure nanofilms

Lutsiuk, Yu.V.<sup>1</sup>, Kramar, V.M.<sup>1,2</sup>, Konstantynovych, I.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Yuriy Fed'kovych Chernivtsi National University*

<sup>2</sup>*Institute of Thermoelectricity of the National Academy of Sciences of Ukraine, Chernivtsi, Ukraine, [v.kramar@chnu.edu.ua](mailto:v.kramar@chnu.edu.ua)*

The temperature changes of heat capacity, entropy, free energy, and coefficients of thermal conductivity and thermal diffusion of nanometer-thick planar structures (nanofilms) were investigated. Numerical calculations were performed on the example of lead iodide nanofilms using dispersion dependences of acoustic phonon frequencies in hexagonal quasi-two-dimensional nanostructures obtained [1] within the approximation of elastic continuum [2]. The dependence of these quantities on the nanofilm's thickness and role of different branches of phonon spectrum in the formation of the thermophysical properties of such structures were also investigated.

It is shown that the greatest influence on thermophysical processes controlled by the values of heat capacity, entropy and free energy have the phonon branches of transverse polarizations (shear and flexural modes of normal vibrations). Their contributions to the values of the indicated quantities are approximately the same and an order of magnitude larger than the contribution of phonons of longitudinal polarization (dilatational modes).

In the processes of thermal conductivity and thermal diffusion, on the contrary, the role of the longitudinal branches of the phonon spectrum is decisive. So, the largest contribution to the lattice thermal conductivity coefficient  $\kappa_L$  is formed by the processes of scattering the longitudinal-polarization phonons. The magnitudes of the partial components of the thermal conductivity coefficient from transverse shear and flexural polarizations phonons are, respectively, 2.6...3.8 and 10...27.5 times smaller, depending on the thickness and temperature of the nanofilm.

Phonons of longitudinal polarization also make the largest contribution to the value of the thermal diffusion coefficient of nanofilm  $k$ . The reason for this is that they play a decisive role in forming the value of the thermal conductivity coefficient  $\kappa_L$  and, at the same time, their contribution to the value of the heat capacity  $c_V$  is small, while  $k \sim \kappa_L/c_V$ .

[1].Lutsiuk, Yu., Kramar, V., Petryk, I. Frequency spectrum and group velocities of acoustic phonons in PbI<sub>2</sub> nanofilms. *Phys. Chem. Solid St.* 2022. V. 23, No 3. P. 478–483.

[2].Pokatilov, E.P., Nika, D.L., Balandin, A.A. Phonon spectrum and group velocities in AlN/GaN/AlN and related heterostructures. *Superlattices and Nanostructures*. 2003. V. 33. P. 155–171.