

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОННИХ ПРИБОРАХ ТА МЕТОДИ ЇХ ОХОЛОДЖЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто фізичну природу виділення теплової енергії в електронних компонентах та її вплив на експлуатаційні характеристики напівпровідникових систем. Проведено аналіз механізмів теплопередачі та математичного опису теплового опору. Описано сучасні методи відведення тепла: від пасивних радіаторів до активних рідинних систем та пристроїв на основі фазових переходів. Наведено порівняльну характеристику ефективності різних систем охолодження.

Ключові слова: теплообмін, закон Джоуля-Ленца, тепловий опір, радіатор, теплова трубка, активне охолодження.

Abstract

The article examines the physical nature of thermal energy dissipation in electronic components and its impact on the performance characteristics of semiconductor systems. The mechanisms of heat transfer and the mathematical description of thermal resistance are analyzed. Modern heat dissipation methods are described: from passive heat sinks to active liquid systems and devices based on phase transitions. A comparative characteristic of the efficiency of various cooling systems is provided.

Keywords: heat transfer, Joule-Lenz law, thermal resistance, heat sink, heat pipe, active cooling.

Вступ

Еволюція сучасної електроніки супроводжується постійною мініатюризацією компонентів та зростанням їхньої обчислювальної потужності, що призводить до значного збільшення щільності теплового потоку. Тепловий режим є критичним фактором, що визначає надійність пристроїв: за статистикою, понад 50% відмов електроніки спричинені перегрівом. Аналіз теплових процесів на основі законів термодинаміки дозволяє проектувати системи охолодження, які забезпечують роботу компонентів у межах допустимих температурних діапазонів.

Фізична природа тепловиділення в електроніці

Основним джерелом генерації тепла в електронних схемах є перетворення електричної енергії в теплову при проходженні струму через провідні та напівпровідникові структури. Цей процес підпорядковується закону Джоуля-Ленца, згідно з яким кількість виділеної теплоти прямо пропорційна квадрату сили струму, опору провідника та часу проходження струму:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

В інтегральних схемах також виникають динамічні втрати потужності під час перемикання транзисторів. Здатність системи відводити це тепло характеризується тепловим опором, який визначається як відношення різниці температур до потужності теплового потоку:

$$\theta = \frac{\Delta T}{P}$$

Розуміння цих величин дозволяє розрахувати необхідну площу поверхні охолодження для запобігання термічного руйнування кристала.

Класифікація та механізми охолодження

Після визначення джерел тепловиділення необхідно обрати метод його відведення. Системи охолодження поділяються на кілька типів залежно від фізичного принципу роботи (рис. 1):



Рис1.- класифікація системи охолодження

Пасивне охолодження: базується на природній конвекції. Використовуються алюмінієві або мідні радіатори з великою кількістю ребер для збільшення площі контакту з повітрям.

Активне охолодження: використовує зовнішню енергію для примусового руху теплоносія. Це можуть бути вентилятори (повітряне) або помпи (рідинне охолодження). Рідинні системи є ефективнішими за рахунок високої теплоємності води порівняно з повітрям.

Системи з фазовим переходом: найефективнішим прикладом є теплові трубки. Внутрішня рідина випаровується в зоні нагріву, переносить енергію та конденсується в зоні охолодження, що забезпечує надзвичайно високу швидкість теплопередачі.

Висновки

У ході роботи розглянуто фізичні закономірності теплообміну в електронних пристроях. Показано, що в основі тепловиділення лежить закон Джоуля-Ленца, а ефективність відведення енергії залежить від загального теплового опору системи. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок: для мобільної та високоточної техніки найбільш раціональним є використання теплових трубок, тоді як для потужних обчислювальних систем необхідне впровадження активного рідинного охолодження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sivukhin D. V. General Course of Physics. Vol. II. Thermodynamics and Molecular Physics. – Kyiv : Vyshcha Shkola, 2006. - 544 p.
2. Incropera F. P., DeWitt D. P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. – Hoboken : Wiley, 2011. – 1048 p.
3. Martyniuk V. V. Physics of Electrotechnical Processes : course of lectures. – Vinnytsia : Vinnytsia National Technical University, 2022.
4. Younes H. Thermal Management of Electronic Systems. – New York : Springer, 2021.
5. Hughes E. Electrical and Electronic Technology. – London : Pearson Education Limited, 2008.

Рачковський Вадим Григорович - студент групи 1KI-25МС, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rachkovskyvadym@gmail.com.

Науковий керівник: **Мартинюк Володимир Валерійович** - канд. техн. наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Rachkovsky Vadym Hryhorovych – student of group 1KI-25MS, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rachkovskyvadym@gmail.com.

Scientific advisor: **Martyniuk Volodymyr Valeriyovych** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia