

соотношения, которые тоже содержат производные, не должно оказывать существенного влияния на вычисление значения постоянной Хаббла.

УДК 681.2

Оптимизация быстродействия алмазного теплоотвода с использованием компьютерного моделирования

Хорунжий И.А., Мартинович В.А., Казючиц Н.М., Русецкий М.С.
Белорусский национальный технический университет

Теплоотвод в виде алмазной пластины со встроенным датчиком температуры был изготовлен из кристалла алмаза, синтезированного в РУП «Адамас БГУ». Матрица терморезисторов на поверхности алмазной пластины создавалась ионной имплантацией бора и фосфора. Пластина алмаза с терморезисторами устанавливалась на медный радиатор. Толщина алмазной пластины составляла 360 мкм, площадь – 16 мм², размеры медного радиатора – 62×42×4,9 мм. Тепловой контакт между алмазной пластиной и медным радиатором обеспечивался слоем теплопроводящей пасты марки КПТ-8 толщиной 10 мкм. Тепловыделение от работающего прибора имитировала одна из контактных площадок терморезистора, которая использовалась в качестве нагревателя. Распределение температуры в алмазной пластине было получено экспериментально и методом численного моделирования с использованием прикладного программного пакета ANSYS для температуры окружающей среды 20 °С. Кривые нагрева имеют «быструю» и «медленную» составляющие, что имеет следующее физическое объяснение. После включения нагревателя происходит быстрое прогревание алмазной пластины за время ~10 мс. Дальнейший рост температуры возможен после прогревания радиатора при недостаточно эффективном рассеянии тепла. Этот процесс определяет «медленную» составляющую кинетики нагрева. Теплопроводность пасты существенно меньше, чем теплопроводность алмаза и меди, поэтому она создает барьер для распространения тепла. Поток тепла через слой пасты определяется законом Фурье:

$$j = \lambda \frac{dT}{dx} S,$$

где λ – коэффициент теплопроводности пасты, dT – разность температур между «верхней» и «нижней» поверхностями пасты, dx – толщина слоя пасты, S – площадь контакта алмаз – теплопроводящая паста – радиатор. Повышение температуры алмазной пластины прекращается после того как поток тепла от нагревателя становится равным тепловому потоку через интерфейс алмаз-паста-радиатор. При заданном значении коэффициента теплопроводности пасты, которое обычно не превышает 2-7 Вт/м·К, формируемая разность температур dT будет определяться площадью контакта

S и толщиной слоя пасты dx . Соотношение этих величин является определяющим для достижения теплового баланса при минимальном значении dT , т.е. для более эффективного охлаждения прибора.

УДК 53.372, 378.64

Особенности разработки электронных учебно-методических комплексов для изучения курса физики в техническом университете

Хорунжий И.А., Мартинович В.А.

Белорусский национальный технический университет

Роль изучения физики в техническом университете трудно переоценить, т.к. физика является основой для изучения большинства прикладных технических дисциплин. Для повышения качества усвоения учебного материала требуются новые формы и методы обучения, в том числе с использованием современных информационных технологий.

Изучение физики начинается на первом курсе, когда многие студенты еще не имеют необходимых навыков конспектирования лекций. Отсутствие качественного конспекта существенно снижает качество усвоения изучаемого материала, т.к. самостоятельно изучить необходимый материал по учебникам многим студентам сложно ввиду недостаточных навыков самостоятельной работы. Первая задача, которая решается при разработке электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) – это предоставление студенту качественного, грамотно составленного конспекта лекций. При наличии такого конспекта студент во время лекции имеет возможность более внимательно следить за изложением учебного материала преподавателем, а у преподавателя появляется возможность повысить темп изложения учебного материала. Кроме того, в состав ЭУМК включены электронные версии нескольких классических учебников курса общей физики. У студента появляется возможность выбрать тот учебник, который является для него предпочтительным. Также в состав комплекса входят несколько электронных версий задачников по физике, в том числе задачник с примерами решения задач и задачник, используемый при проведении практических занятий, и методические пособия по лабораторному практикуму, которые необходимы студенту при подготовке к выполнению и защите лабораторных работ по физике. Наличие в электронной форме всех материалов, необходимых студенту для изучения физики, делает их доступными для каждого студента и сводит к минимуму усилия на их поиск. Кроме того, у студента появляется возможность выбора между качественным конспектом лекций и несколькими учебниками. Готовиться к лабораторным и практическим занятиям студент может дома, в