

составным катодом из графита и меди. На поверхности углеродного алмазоподобного, легированного медью покрытия толщиной 150 нм химический анализ показал присутствие следующих химических элементов: углерод, кислород, кремний, медь, цинк (Таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав покрытия

Химический элемент	C	O	Si	Cu	Zn	Всего
Доля, масс. %	76,46	4,69	13,14	3,76	1,95	100,00

Предположительно атомы цинка попали на поверхность покрытия с держателя сканирующего электронного микроскопа, к которому образец был прикреплен для исследования его поверхности.

По завершении процесса осаждения покрытий на кремниевые подложки катодно-дуговым методом, когда давление в вакуумной камере увеличивается, на поверхности осажденного покрытия образуются оксиды меди. Остывание полученного образца в вакууме должно уменьшить оксидацию при открытии камеры.

Из таблицы 1 видно, что даже на поверхности тонкого углеродного алмазоподобного покрытия, легированного медью, доля кремния достаточно велика. Это свидетельствует о том, что при данных условиях и режиме получения такого рода покрытий, происходит активная диффузия атомов кремния из подложки в объем растущего покрытия.

Изменяя концентрацию меди в покрытии возможно управлять процессами структурообразования и свойствами образующихся покрытий.

**Т. В. Федосик**

Науч. рук. **В. Г. Шолох,**

канд. физ.-мат. наук, доцент

### ВЛИЯНИЕ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕПЛОПТЕРЬ НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ, ФОРМИРУЕМОЕ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Существенный интерес представляет учет конвективных теплопотерь в описании температурного поля, формирующегося при стимулировании электрохимического осаждения металлов лазерным излучением. Целью данной работы является численный анализ температурного поля, создаваемого в пластинке меди в окрестности зоны воздействия лазерного излучения. Проанализировано влияние конвективных теплопотерь в среде электролита на температурное поле, формируемое лазерным излучением.

Для анализа выбрана модель сферической тепловой волны в рамках которой представляется возможным учесть как радиальное растекание тепла, так и конвективные теплопотери. Уравнение, которое описывает температурное поле в рамках представленной модели, имеет вид:

$$T_G(r, \tau_p) = \frac{AI_0 \chi R_s^2}{k_T h} \int_0^{\tau_p} \frac{dt}{4\chi t + R_s^2} \exp \left[ -\chi k_c^2 t - \frac{r^2}{4\chi t} + \frac{r^2 R_s^2}{4\chi t (R_s^2 + 4\chi t)} \right],$$

где  $T_G(r, \tau_p)$  – температура на расстоянии  $r$  от центра лазерного пятна;

$\tau_p$  – длительность воздействия лазерного излучения;

$A$  – поглощательная способность меди;

$I$  – интенсивность излучения;

$\chi$  – температуропроводность;

$k_T$  – теплопроводность;

$R_s$  – радиус пятна лазерного излучения;

$h$  – толщина пластинки. Конвективные теплопотери учтены членом

$$k_c^2 = \frac{2\eta}{k_T h},$$

где  $\eta$  – константа конвективных теплопотерь.

Используя программное приложение MathCAD-15, проведено численное моделирование температурного поля в пластинке меди при различных значениях  $\eta$ . В процессе расчетов были использованы параметры излучения, характерные для технологических лазеров.

Установлено, что при увеличении времени воздействия лазерного излучения влияние конвективных теплопотерь становится более существенным, и относительное уменьшение температуры при длительности импульса 0,05 с достигает 40 %.

Показано, что при увеличении расстояния от центра лазерного пятна различия между значениями температур, рассчитанных с учетом конвективных теплопотерь и без их учета, становятся менее существенными.

*Д. А. Халецкая*

*Науч. рук. Т. П. Желонкина,*

*ст. преподаватель*

## ШКОЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ

В настоящее время не может быть споров и сомнений, что при изучении физики в школе обязательно широкое применение эксперимента. Ряд положений, воспринятых учащимся, вследствие отсутствия наблюдений и опыта, только обременяют память учащегося, но не дают понимания и не вырабатывают привычки самостоятельного и независимого суждения. Даже самый образный и красочный рассказ учителя об эксперименте не может заменить для учащегося непосредственного восприятия предметов и явлений.

Школьный физический эксперимент осуществляется на уроках физики в двух направлениях:

- учитель проводит опыты, демонстрируя их перед всем классом;
- учащиеся проделывают опыты сами под руководством учителя.

Долгое время в школьной практике применялся только один вид физического эксперимента – демонстрации самого учителя; самостоятельные работы учащихся появились позднее и сначала носили необязательный характер и не были связаны с ходимым курсом физики. Работы учащихся нужно сочетать с опытами учителя. Это надо делать, прежде всего, потому, что при постановке физических опытов в школе необходимо добиваться наибольшей их эффективности. А практика показывает, что в одних случаях наибольшая эффективность будет достигнута при демонстрации учителя, в других, наоборот, путем постановки лабораторных работ.