

В. Н. Неволин, А. В. Гусаров,  
А. Л. Смирнов, В. Ю. Фоминский (МИФИ)

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ЛЕГИРОВАНИИ МЕТАЛЛОВ НАНОСЕКУНДНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ НА ВОЗДУХЕ И ЧЕРЕЗ ПРОЗРАЧНОЕ ПОКРЫТИЕ**

*Приведены результаты экспериментального исследования массопереноса при поверхностном лазерном легировании никеля атомами золота. Для реализации неравновесных условий использованы лазерные импульсы наносекундной длительности. Рассмотрены особенности транспортных процессов при облучении на воздухе и через прозрачное покрытие. Проведено математическое моделирование температурных полей в системе “пленка Au–подложка Ni”, которое позволило объяснить повышенную эффективность легирования в случае использования прозрачного покрытия.*

**Heat and Mass Transfer Peculiarities in Alloying Metal Surfaces with Application of Nanosecond Laser Radiation in Air Environment and Through Transparent Coating / V.N. Nevolin, A.V. Gusarov, A.L. Smirnov, V.Yu. Fominsky // Vestnik MGTU. Mashinostroenie. 2002. No. 1. P. 69–80.**

Experimental study results of mass transfer in alloying the nickel surface with gold atoms applying the laser radiation are given. Laser pulses with nanosecond duration were used to implement very non-equilibrium conditions. Transport process peculiarities are considered for cases of laser radiation in air environment and through the transparent coating. The mathematical simulation of temperature fields for the “Au-film–Ni-substrate” system has been conducted, which allows explaining the increased efficiency of alloying in case of using the transparent coating. Figs.5. Tabs.1. Refs.15.

---

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Titov V., Smurov I., Ignatiev M. Erosion plume dynamics during pulsed laser alloying. Appl. Surf. Sci. 1996. Vol. 96–98. P. 387–392.
2. Быковский Ю. А., Неволин В. Н., Фоминский В. Ю. Ионная и лазерная имплантация металлических материалов. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Направленное изменение кинетики испарения металлов для повышения эффективности формирования неравновесных сплавов под действием монохроматического излучения / Ю.А. Быковский, В.Н. Неволин, В.Ю. Фоминский В.Ю. и др. // Поверхность. – 1984. – № 5. – С. 148–151.

4. Маркеев А. М., Неволин В. Н., Фоминский В. Ю. Наносекундное лазерное легирование металлических материалов // ФХОМ. – 1987. – № 5. – С. 14–23.
5. Фоминский В. Ю., Смирнов А. Л., Тимофеев А. А., Марценюк Н. О. Особенности структурообразования метастабильных сплавов Au–Ni при наносекундном лазерном легировании // Сб. научн. тр. Научная сессия МИФИ-2001. – М.: МИФИ, 2001. – Т. 4. – С. 173–174.
6. Draper C. W., Meyer L. S., Buene L. et al. Laser surface alloying of gold film on nickel. Appl. Surf. Sci. 1981. Vol. 7. P. 276–280.
7. Ogale S. B., Polman A., Quentin F. O. P. et al. Pulsed laser oxidation and nitridation of metal surface immersed in liquid media. Appl. Phys. Lett. 1987. Vol. 50. P. 138–140.
8. Gusev A. V., Gnedovets A. G., Smurov I. Gas dynamics of laser ablation: Influence of ambient atmosphere. J. Appl. Phys. 2000. Vol. 88. P. 4352–4363.
9. Анисимов С. И. Об испарении металла, поглощающего лазерное излучение // ЖЭТФ. – 1968. – Т. 54. – С. 339–342.
10. Sibold D. and Urbassek H. Monte Carlo study of Knudsen layers in evaporation from elemental and binary media. Phys. Fluids A. 1993. Vol. 5. P. 243–250.
11. Григорьев И. С., Мейлихов Е. З. Физические величины. Справочник. Энергоатомиздат. 1991.
12. Jonson W. L., Cheng Y. T., van Rossum M., Nicolet M-A. When is thermodynamic relevant to ion-induced atomic rearrangement. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B. 1985. Vol. 7/8. P. 657–665.
13. Niessen A. K., Miedema A. R., de Boer F. R. and Boom R. Enthalpies of formation of liquid and solid binary alloys based on 3d metals // Physica B. 1988. Vol. 152. P. 303–321.
14. Ibe E. Picosecond diffusion in a thermal spike during ion mixing. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B. 1989. Vol. 39. P. 148–152.
15. Неволин В. Н., Фоминский В. Ю., Романов Р. И., Смирнов А. Л. Транспортные процессы и структурообразование метастабильных сплавов Au–Ni при наносекундном лазерном легировании с применением прозрачных слоев // ФХОМ. – 2001. – № 2. – С. 13–20.

Статья поступила в редакцию 18.12.2001