

<https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2020.60.151>

Мирослава КОВБУЗ, Оксана ГЕРЦИК, Лідія БОЙЧИШИН

**НАНОМАТЕРІАЛИ: АМОРФНІ СПЛАВИ
(ПАМ'ЯТІ ПРОФЕСОРА, ДІЙСНОГО ЧЛЕНА НТШ
ІВАНА ОЛЕКСАНДРОВИЧА ВАКАРЧУКА)**



Значення безмежно малого – безмежно велике.

Луї Пастер

Професор Іван Олександрович Вакарчук, перебуваючи на посаді Міністра освіти і науки України добився на 2010–2014 роки ухвалення урядом програми «Нанотехнології та наноматеріали», якою передбачалося створення нових технологій отримання наноматеріалів, пристроїв та приладів для нанобіомедицини, нанофізики, нанохімії, наноматеріалознавства. Створення такої програми є доказом глибокого розуміння майбутнього нанотехнологій і намагання розширення застосування нових наноструктурованих матеріалів у різних сучасних галузях промисловості для їхнього удосконалення, а також підвищення екологічного рівня.

У творчій лекції-довіді «Внизу достатньо місця...», з якою Фейнман виступив 1959 року перед Американським фізичним товариством, він сказав: «Цікаво те, що фізик, у принципі міг би (як я думаю) синтезувати будь-яку хімічну речовину на основі її хімічної формули. Хімік може дати вказівки, а фізик виконає синтез. Як? Просто розташуйте атоми так, як скаже хімік, – і одержите потрібну речовину».

Отже, доля світової економіки багатьох країн може врешті решт залежати від дивних і парадоксальних принципів квантової теорії.

До сьогоденішнього дня нанотехнології вимагають постійного удосконалення, вони вже породили комерційну галузь – хімічні покриття, на її основі виросла успішна світова індустрія – створення мікроелектромеханічних систем, що охоплюють найрізноманітніші речі – від струменевих катріджів, сенсорів для подушок безпеки, дисплеїв, гіроскопів для автомобілів і літаків.

У близькому майбутньому варто очікувати розширення нових різновидів нанопристроїв, що можуть здійснити революцію у медицині, а також заміни кісткових елементів аморфними металевими виробами.

Аморфні металеві сплави (АМС) і нанокристалізовані (НАМС) відносяться до прецизійних сплавів, які відрізняються від кристалічних, однакового компонентного складу, структурою, подібною до замороженої рідини. Внаслідок надшвидкого охолодження розплаву (НШОР) утворюються АМС або так звані металеві скла.

Зацікавлення цими матеріалами зростає щораз швидше. Це, безумовно, у зв'язку з їх особливими фізико-хімічними властивостями. Цінні властивості АМС і їх застосування у різних областях техніки описані у багатьох працях минулого століття, а вже у ХХІ столітті пізнання їх властивостей і, разом з цим практичне використання зросло на 2–3 порядки.

У АМС зовсім інші властивості: не подібні до кристалічних. Відсутність впорядкованості структури АМС зумовлює їх широкі експлуатаційні можливості у порівнянні із високоефективними легованими сталями. Висока твердість зумовлює надзвичайну зносостійкість і антикорозійну тривкість. У багатьох агресивних середовищах металеві аморфні сплави проявляють інертність за рахунок оксидного самозахисту. Унікальні електромагнітні властивості АМС проявляються у високих значеннях намагніченості, електроопорі, що уможливило, наприклад, створення безінерційних нагрівачів, які застосовуються як у медичній так і військовій техніці.

Найширше застосування в сьогоденні мають магнітом'які аморфні сплави, які окрім феромагнетиків (Fe, Co, Ni) містять немагнітні елементи: В, С, Р, необхідні для формування та стабілізації аморфної структури сплавів.

Аморфні металеві магнітні сплави володіють перевагами фізичних властивостей у порівнянні з кристалічними аналогами:

- низькі питомі втрати;
- високий електричний опір;
- високі показники електромагнітних характеристик у широкому частотному діапазоні (до 1 МГц);
- мінітюаризація та підвищення ефективності електронних пристроїв;
- уникнення іскрового струму і зниження рівня шумів;
- економія електроенергії;
- коротший на 25% цикл виробництва виробів з аморфних стрічок у порівнянні з пермалоями, що передбачає суттєву економію;

- екологічно чисте виробництво виробів з аморфних матеріалів у порівнянні із сталлями і кристалічними сплавами.

Як приклад застосування АМС:

- у системах телекомунікацій стандарту ISBN використовуються елементи АМС (ПК, модем, відеотелефон та ін.);
- у електротехнічній промисловості: заміна трансформаторної сталі аморфним сплавом;
- висока проникність є підставою створення магнітних екранів для багатьох галузей висхідної техніки;
- у пристроях захисного відключення, керованих диференціальним струмом, призначених для побутової техніки;
- у електровимірній техніці – магнітометрах з аналоговим виходом, трансформаторах струму, лічильниках перемінного струму;
- у імпульсних джерелах енергії;
- у АС/DC та DC/DC перетворювачах;
- у аудіо- і відеоапаратурі для виготовлення магнітних головок висхідного щільного запису;
- висока радіаційна і антикорозійна тривкість аморфних матеріалів дозволяє їх використовувати для покриття у атомній техніці, антикорозійного захисту сільськогосподарської техніки;
- масивні нано- та аморфні металеві сплави застосовуються у медицині, як імплантанти;
- у хімічній промисловості, як каталітичні системи;
- як специфічні діафрагми очистки стічних вод.

Технологічна особливість: можливість створення різнокомпонентних аморфних та нанокристалічних матеріалів із наперед заданими властивостями є унікальною перевагою.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Vakarchuk I.O.* Quantum mechanics. L., LNU. 2012. 872 p. (in Ukrainian).
2. *Kaku M.* Physics of the Future: How Science Will Shape Human Destiny and Our Daily Lives by the Year 2100. Lviv: 2013. 432 p.
3. *Kramer M. J., Meeco H., Dennis K. W. et al.* Rapid solidification and metallic glass formation – Experimental and theoretical limits. *J. Non-Cryst. Solids.* 2007. Vol. 353. P. 3633–3639 (<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2007.05.172>).
4. *Poperenko L. V., Kravets V. G., Lysenko S. I., Vinnichenko K. L.* Optical properties of the modified structures of surface layers of amorphous metallic alloy ribbons. *Functional Materials.* 2006. Vol. 13(1). P. 154–160.
5. *Czaja P., Maziarz W., Przewoźnik J., Żywczak A.* Surface topography, microstructure and magnetic domains in Al for Sn substituted metamagnetic Ni–Mn–Sn Heusler alloy ribbons. *Intermetallics.* 2014. Vol. 55. P. 1–8 (<https://doi.org/10.1016/j.intermet.2014.07.001>).
6. *Poperenko L. V., Kravets V. G., Lysenko S. I., Vinnichenko K. L.* Optical properties of surface layers of Co-based amorphous metallic alloys. *J. Magn. Magn. Mater.* 2005. Vol. 290–291. P. 640–643 (<https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2004.11.320>).
7. *Inoue A.* Amorphous, nanoquasicrystalline and nanocrystalline alloys in Al-based systems. *Progr. Mat. Sci.* 1998. Vol. 43. P. 365–520 ([https://doi.org/10.1016/S0079-6425\(98\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S0079-6425(98)00005-X)).

8. *Yarmoshchuk Ye. I., Mika T. M., Zelinska G. M., Nosenko, V. K., Semen'ko, M. P.* Investigation of Electrical Properties and Structure of Amorphous Alloys of Fe–B–P–Nb–Cr System. *Metallofiz. Noveish. Tekhnol.* 2018. Vol. 40. P. 1589–1602.
9. *Luborsky F. E.* Amorphous metallic alloys. London; Boston: Butterworths, 1983 (<https://doi.org/10.1016/B978-0-408-11030-3.50006-6>).
10. *Bukowska A., Pietrusiewicz P., Zdrodowska K., Szota M.* The surface structural and mechanical properties of the amorphous $\text{Co}_{22}\text{Y}_{54}\text{Al}_{24}$ ribbon. *Adv. Sci. Technol. Res. J.* 2013. Vol. 7(19). P. 1–4 (<https://doi.org/10.5604/20804075.1061775>).
11. *Fouekes W. M., Mitas L., Noeds R. J., Rajagopal G.* Quantum Monte-Carlo simulations of solids. *Rev. Mod. Phys.* 2001. Vol. 73(1). P. 33–83 (<https://doi.org/10.1103/RevModPhys.73.33>).
12. *Rassolov S. G., Tkatch V. I., Seliakova N. I.* Diffusion-limited crystall growth in metallic glasses under continuous heating. *J. Appl. Phys.* 2002. Vol. 92(10). P. 6340–6342. (<https://doi.org/10.1063/1.1513884>).
13. *Skakov Yu. A.* Structure of Amorphous Metallic Alloys and the Conditions of Amorphization. *Met Sci Heat Treat.* 2000. Vol. 42(9). P. 377–384. (<https://doi.org/10.1007/BF02725320>).