

05;11;12

## **Влияние термической обработки аморфного металлического сплава $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{21}\text{V}_{15}$ на спектральные особенности экзоэлектронной эмиссии**

© В.И. Болдырев, А.С. Векслер, А.А. Гаврилюк

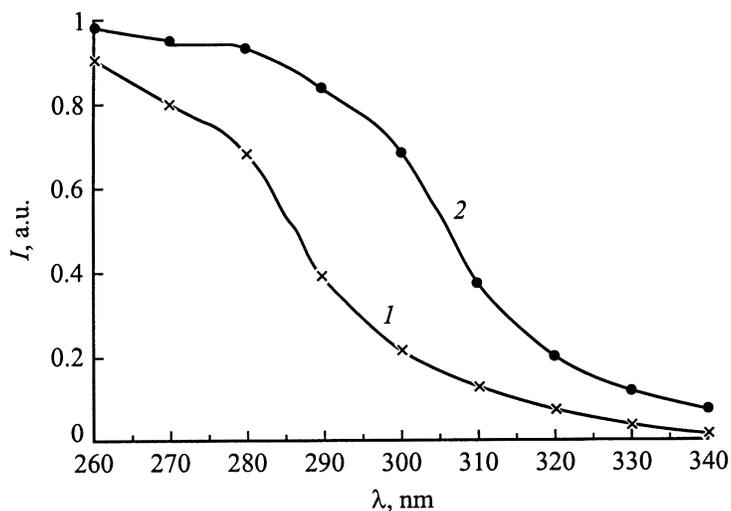
Иркутский государственный университет

Поступило в Редакцию 10 января 2000 г.

Исследована спектральная зависимость фототока экзоэлектронной эмиссии, полученная с подвергнутых термообработке лент аморфного металлического сплава  $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{21}\text{V}_{15}$ . Положение спектра экзоэмиссии и его интенсивность зависят от условий термообработки аморфного металлического сплава. Предполагается, что основная роль в формировании спектральной зависимости принадлежит внутренним напряжениям сплава и процессам окисления его поверхности.

Аморфные металлические сплавы (АМС) вызывают повышенный интерес, обусловленный сочетанием ряда их уникальных свойств и возможностью широкого практического применения. Одним из основных вопросов исследований таких сплавов является изучение стабильности их свойств при термическом воздействии. Целью проведенных исследований являлось изучение кинетики структурных изменений сплава  $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{21}\text{V}_{15}$  при помощи метода экзоэлектронной эмиссии (ЭЭ). Изученные образцы были получены быстрой закалкой из расплава в виде лент шириной 10–20 мм и толщиной 30 мкм. Метод ЭЭ является высокочувствительным к структурным изменениям в АМС, происходящим при их термической обработке [1–3]. Вместе с тем до настоящего времени влияние условий предварительной термической обработки АМС на спектральную зависимость интенсивности выхода экзоэлектронов (начального фототока экзоэмиссии [4])  $I(\lambda)$  практически не изучено.

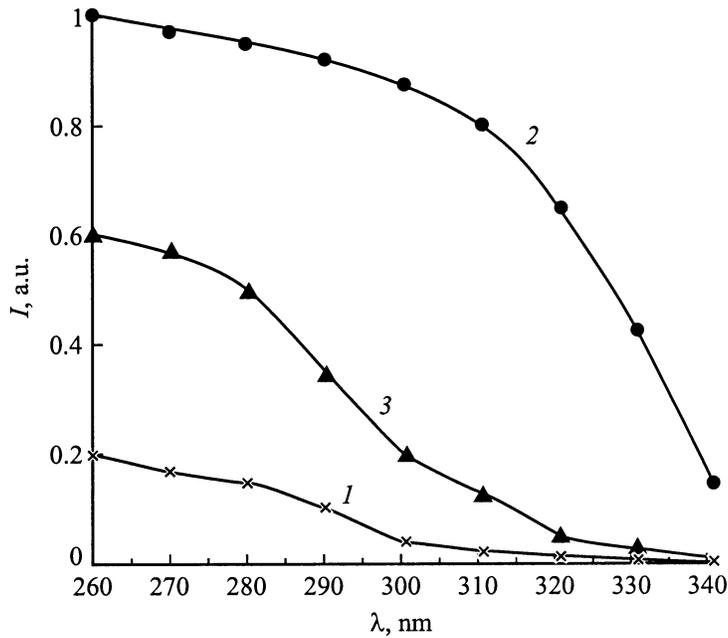
Спектр ЭЭ изучался на установке, описание которой подробно приведено в [5]. Снятие спектральной зависимости  $I$  от длины волны стимулирующего излучения  $\lambda$  проводилось с исходных (термически



**Рис. 1.** Спектральные зависимости относительной величины начального фототока экзоэмиссии  $I$  сплава  $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{21}\text{B}_{15}$ : 1 — исходный образец; 2 — образец, подвергнутый термической обработке в вакууме при 970 К.

необработанных) образцов, с образцов, прошедших термическую обработку в вакууме  $10^{-4}$  Па и охлажденных после этого до комнатной температуры, а также с образцов, прошедших термическую обработку и выдержанных после этого при комнатных температурах 24 ч. В ходе проведения исследований были использованы следующие режимы термической обработки АМС.

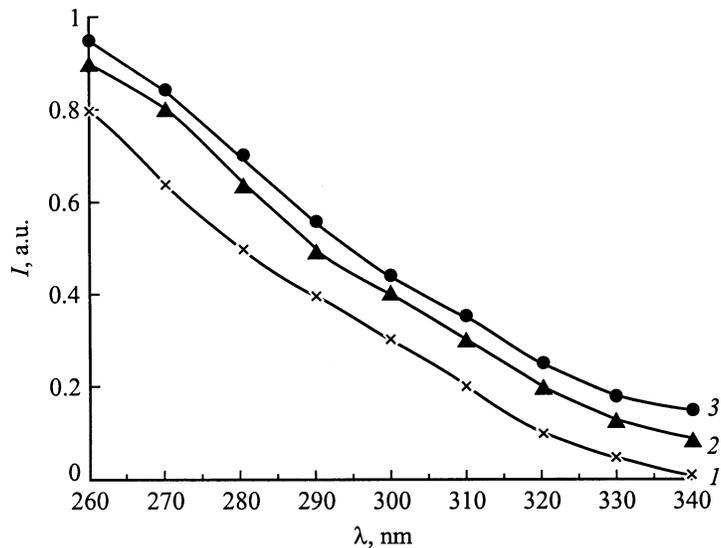
1. Образец нагревался в вакууме до температуры 970 К, значительно превышающей температуру кристаллизации сплава [3]. После охлаждения образца до комнатной температуры снимался спектр  $I(\lambda)$ . В результате проведения термической обработки сплава происходило увеличение интенсивности  $I$  по сравнению с исходным образцом во всем исследованном диапазоне  $\lambda$ . На рис. 1 представлены зависимости отношения интенсивности выхода экзоэлектронов в исследованном образце к ее максимальному значению в термообработанном образце (относительной величины начального фототока экзоэмиссии) от  $\lambda$ .



**Рис. 2.** Спектральные зависимости относительной величины начального фототока экзоэмиссии  $I$  сплава  $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{21}\text{B}_{15}$ : 1 — исходный образец; 2 — образец, прошедший термическую обработку в вакууме при 690 К; 3 — образец, подвергнутый дальнейшей изотермической выдержке при комнатной температуре в течение 24 h.

После дальнейшей выдержки при комнатной температуре в течение 24 h происходило заметное уменьшение величины  $I$ .

2. Образец нагревался в вакууме до температуры 690 К, которая соответствует температуре протекания начальных стадий кристаллизации сплава [3], после чего охлаждался до комнатной температуры. При такой термической обработке величина  $I$  также возрастала по сравнению с исходным образцом (рис. 2), причем на более значительную величину, чем в предыдущем случае. Дальнейшая изотермическая выдержка при комнатной температуре в течение 24 h приводила к уменьшению  $I$  во всем исследованном диапазоне длин волн  $\lambda$ .



**Рис. 3.** Спектральные зависимости относительной величины начального фототока экзоэмиссии  $I$  сплава  $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{21}\text{B}_{15}$ : 1 — исходный образец; 2, 3 — образцы, подвергнутые изотермической обработке на воздухе при 473 К в течение 100 и 200 h соответственно.

3. Сплав подвергался изотермическим выдержкам на воздухе при температуре 470 К в течение 100 и 200 h соответственно, а затем охлаждался до комнатной температуры. Полученные зависимости  $I(\lambda)$  приведены на рис. 3. Величина  $I$  для термически обработанных образцов возросла по сравнению с необработанным образцом во всем интервале  $\lambda$ . Рост  $I$  тем значительнее, чем больше время изотермической выдержки сплава. Полученные результаты могут быть объяснены следующим образом. Увеличение  $I$  вследствие термической обработки сплава обусловлено уменьшением работы выхода экзоелектронов  $E$  с поверхности исследованных образцов. Приблизительная оценка изменения работы выхода экзоелектронов  $\Delta E$  может быть проведена из соотношения:

$$\Delta E = (\hbar c / \lambda_{cp}^2) \Delta \lambda,$$

где  $c$  — скорость света,  $\lambda_{cp}$  — среднее значение длины волны стимулирующего излучения на одинаковом уровне интенсивности  $I$  выхода

экзоэлектронов для исходного и термически обработанного образцов,  $\Delta\lambda$  — разность длин волн стимулирующего излучения для исходного и термообработанного образцов на том же уровне интенсивности. При нагреве до 970 К сплава  $\text{Fe}_{64}\text{Co}_{21}\text{V}_{15}$  при  $\lambda_{\text{cp}} = 300 \text{ nm}$  изменение  $\Delta\lambda$  равно 20 nm, что соответствует уменьшению  $E$  на 0.25 eV по сравнению с необработанным образцом. Нагрев до 690 К при  $\lambda_{\text{cp}} = 280 \text{ nm}$  ведет к уменьшению  $E$  на 0.60 eV, а изотермическая выдержка на воздухе при 470 К в течение 200 h уменьшает  $E$  на 0.20 eV.

Обобщая полученные результаты, можно предположить, что возможной причиной роста интенсивности выхода экзоэлектронов  $I$  при первых двух режимах термической обработки АМС может являться рост уровня внутренних напряжений в образце при протекании в нем процессов кристаллизации АМС [6]. Уменьшение работы выхода экзоэлектронов при повышении уровня внутренних напряжений в кристаллических сплавах наблюдалось в [4,7]. При изотермической выдержке при комнатной температуре происходит релаксация внутренних напряжений, возникающих в процессе кристаллизации исследованных образцов, и уменьшение  $I$ . В свою очередь рост  $I$  при изотермической выдержке исследованных образцов на воздухе может быть связан с протеканием на их поверхности процессов окисления. Таким образом, наблюдаемый рост интенсивности выхода экзоэлектронов является следствием изменения структуры поверхности аморфного металлического сплава, возникающего при его термической обработке. Наиболее значительный рост интенсивности экзоэлектронов во всем исследуемом диапазоне длин волн стимулирующего излучения (и наиболее значительное изменение работы выхода электронов) наблюдается в аморфных металлических сплавах, проходящих стадию начальной кристаллизации. Это связано с увеличением уровня внутренних напряжений в сплавах в результате начавшейся кристаллизации.

## Список литературы

- [1] *Gorecki G.Z.* // Поверхность. Физика. Химия. Механика. 1993. № 7. С. 63–71.
- [2] *Болдырев В.И., Векслер А.С., Лемзяков О.В.* // Неорганические материалы. 1998. № 11. С. 1300–1301.
- [3] *Болдырев В.И., Векслер А.С., Носкова Н.И.* и др. // ФММ. 1999. Т. 87. № 5. С. 83–86.
- [4] *Сагалович Г.Л., Мелехин В.П., Дехтяр Ю.Д.* Экзоэлектронная спектроскопия дефектов твердого тела. Рига: НТО, 1981. 80 с.

- [5] *Кортов В.С., Слесарев А.И., Рогов В.В.* Экзоэмиссионный контроль поверхности деталей после обработки. Киев: Наук. думка, 1986. 176 с.
- [6] *Балдырев В.И., Векслер А.С.* // Известия вузов. Физика. 1999. № 9. С. 94–97.
- [7] *Грюнберг Л.* // Экзоэлектронная эмиссия. М. 1962. С. 118–144.