

пропедвтичний характер вивчення елементів геометрії у V-VI класах, що сприяє підготовці учнів до сприймання систематичного курсу геометрії.

Спираючись на досягнутий у попередніх класах рівень геометричної підготовки учнів, у VII-IX класах відбувається систематичне вивчення основних фактів планіметрії та методів, які застосовуються в ній. Особлива увага звертається на формування в учнів навичок геометричних побудов, при цьому вони повинні вільно виконувати побудови, передбачені програмою, розв'язувати нескладні задачі на побудову циркулем і лінійкою. Розпочата у дев'ятирічній школі ідея геометричних побудов набуває в старших класах якісно нового характеру. Елементи просторового уявлення і конструктивні вміння продовжують формуватись в учнів X-XI класів, ґрунтуючись на знаннях, одержаних з дев'ятирічної школи.

Результати досліджень показують, що робота вчителя по формуванню в учнів умінь і навичок розв'язування задач на побудову має бути цілеспрямованою, становити собою продуману систему, застосування якої повинно забезпечити глибокі знання учнів. Запропоновані нами напрямки системи роботи вчителя по навчанню учнів розв'язуванню задач на побудову сприяють активному засвоєнню навчального матеріалу, розвитку конструктивних здібностей учнів. Цим створюються умови для вивчення геометричних побудов в X-XI класах.

## МЕССБАУЕРІВСЬКА СПЕКТРОСКОПІЯ СИСТЕМИ Fe-Ti, ОТРИМАНОЇ МЕТОДОМ СПІКАННЯ З ПОРОШКІВ

*Володимир Мандзюк,*

*У курс, фізико-математичний факультет.*

*Науковий керівник – Федорів В.Д.,*

*кандидат фізико-математичних наук,*

*доцент.*

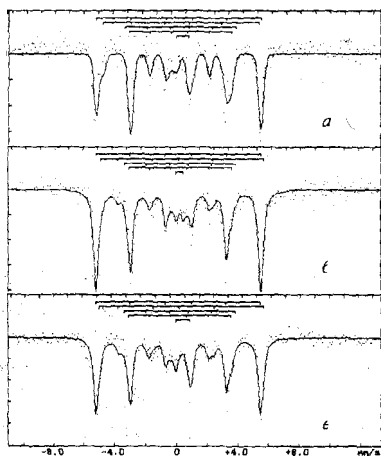
Сплави системи Fe-Ti набули широкого застосування в області конструкційних матеріалів, в першу чергу завдяки можливості отримання деталей з підвищеними механічними характеристиками, поскільки титан, утворюючи тверді розчини із залізом, є більш активним зміцнюючим елементом, ніж широко використовувані нікель, молібден, хром [1].

В даній роботі досліджувався вплив термоциклювання при спіканні системи Fe-Ti на її магнітну мікроструктуру та фазовий склад. Для спікання використовувались порошки заліза марки ПЖІМЗ та титану фракції 0,10-0,15 в різних співвідношеннях, хімічний склад і технологічні властивості яких приведені в [2]. Тиск пресування був рівний 150 кгс/см<sup>2</sup>. Спікання проводили в захисній атмосфері CO<sub>2</sub> при різних температурних

решення нагрівання і витримці. З метою оптимізації процесу формування зразки спікали в режимі ізотермічної витримки при температурі  $1050^{\circ}\text{C}$ , що відповідає класичному правилу спікання порошків чистих металів при температурі  $0,5-0,7T_{\text{пл}}$  та термоциклюванні. Термоциклювання проводилось в інтервалі температур  $850-950^{\circ}\text{C}$ , який охоплює температури поліморфного перетворення заліза ( $910^{\circ}\text{C}$ ) та титану ( $882^{\circ}\text{C}$ ). Крім того, після кожного третього термоциклу зразки повільно охолоджувалися до кімнатної температури.

З метою дослідження магнітної мікроструктури отримана система Fe-Ti досліджувалась методом  $\gamma$ -резонансної спектроскопії,  $\gamma$ -резонансні спектри отримувались за допомогою месбауерівського комплексу ЯГРС-4М та УНО-4096 з використанням джерела  $\gamma$ -квантів  $^{57}\text{Co}$  в хромовій матриці. Математична обробка спектрів проводилась за допомогою стандартної програми на ЕОМ.

Для в'яснення впливу термоциклювання на активність утворення інтерметалідів проведено дослідження системи зразків, отриманих методом спікання із порошків титану і заліза складу 46% Ti (по масі) та 54%Fe при різних кількостях термоциклів. Характерний вигляд  $\gamma$ -резонансних спектрів поглинання приведений на рис. Для порівняння на цьому ж рис. приведений  $\gamma$ -резонансний спектр, отриманий від зразка складу 32% Fe та 68% Ti, спеченого ізотермічно при  $t_{\text{сп}}=1050^{\circ}\text{C}$  на протязі 5 год.



*Рис. Месбауерівські спектри, отримані від зразка складу Fe-32%Ti-68%, спеченого при температурі  $1050^{\circ}\text{C}$  (а), та зразків складу Fe-50%Ti-50%, отриманих при 3 (б) та 15 (в) термоциклах.*

Результати математичної обробки отриманих  $\gamma$ -резонансних спектрів показали наявність п'ятих нееквівалентних положень заліза, які відповідають наступним фазам (табл.):  $\alpha$  - Fe, ефективне магнітне поле на ядрі якого рівне  $H_{\text{ef}}=333\text{кЕ}$ , твердого розчину титану в  $\alpha$ -Fe

( $315\text{кЕ} < H_{\text{эф}} < 331\text{кЕ}$ ) та інтерметаліду  $\text{TiFe}_2$ . Згідно результатів месбауерівського дослідження інтерметаліду  $\text{TiFe}_2$  авторами [3],  $\gamma$ -резонансні спектри цих структур складаються із двох секстетів з магнітними полями відповідно 223 та 206 кЕ. Такий складний вигляд  $\gamma$ -резонансного спектру пояснюється наявністю двох типів оточення атомів заліза в структурі  $\text{TiFe}_2$ .

Поряд із магнітопорядкованою складовою в месбауерівських спектрах досліджуваної системи виділено парамагнітний дублет, інтегральна інтенсивність якого росте із ростом кількості термоциклів. Ця парамагнітна складова  $\gamma$ -резонансного спектру, очевидно, відповідає атомам заліза, які дифундували в зерна титану.

Табл. Параметри  $\gamma$ -резонансних спектрів зразків, отриманих в режимі ізотермічного спікання та термоцикловання.

Зразок	$\alpha\text{-Fe}$		Ti в $\alpha\text{-Fe}$		$\text{TiFe}_2$		парамагнітна фаза		
	$H_{\text{эф}}, \text{кЕ}$	I, %	$H_{\text{эф}}, \text{кЕ}$	I, %	$H_{\text{эф}}, \text{кЕ}$	I, %	$\delta, \text{мм/с}$	$Q, \text{мм/с}$	I, %
Fe-32% Ti-68% $t=1050^\circ\text{C}$	333	60	315	16	223 206	17	0,35	0,82	7
Fe-50% Ti-50% 3 тц	333	69	330	6	223 206	18	0,16	0,44	7
Fe-50% Ti-50% 15 тц	333	27	323	42	223 206	21	0,40	0,90	10

Аналізуючи отримані дані (табл.), можна зробити висновок, що як при ізотермічному спіканні, так і в режимі термоцикловання відбувається утворення інтерметаліда  $\text{TiFe}_2$ . Максимальний його вміст спостерігається при 15 термоциклах, причому ріст кількості термоциклів незначно збільшує долю інтерметалідної фази в порівнянні з 3 термоциклами. Це обумовлено лімітуючим фактором процесів дифузії титану в зерна заліза із сторони утворених на поверхні заліза зерен інтерметаліда  $\text{TiFe}_2$ . Поряд з цим спікання при 15 термоциклах обумовлює утворення значної долі (42%) твердого розчину титану в  $\alpha\text{-Fe}$  в порівнянні із 6% при 3 термоциклах. Пояснити отриманий результат можна наступним чином. Значна концентрація титану в приповерхневому шарі заліза приводить до утворення інтерметаліда  $\text{TiFe}_2$ , зерна якого перешкоджають подальшій дифузії атомів титану в залізо, і подальший процес спікання в режимі термоцикловання супроводжується рівномірним перерозподілом атомів титану по об'єму зерен заліза.

1. Kiebaek B.f., Schatt W., Jangg G. Titanium – a lloyd sintered steels / Powder Met. Int. – 1984. -16 №5.
2. Порошковая металлургия. Справочник. Под общей ред. И.М.Федорченко.-К.: Наукова думка, 1985.
3. Syono Yasuhiko, Ito Atsuko, Morimoto Setsu. Systematics of Mossbauer parameters in  $^{57}\text{Fe}$  – doped titanate and germanate ilmenites. J. Phys. and Chem. Solids., 1996, 42, №6.

## ПРОЦЕСИ ДЕФЕКТОУТВОРЕННЯ В ТОНКИХ ПЛІВКАХ ХАЛЬКОГЕНІДІВ СВИНЦЮ

*Борис Рувінський*

V курс, фізико-математичний факультет.  
Науковий керівник – *Фрейк Д.М.*, доктор  
хімічних наук, професор.

Відомо, що в халькогенідах свинцю (ХС) зміною складу в межах області гомогенності можна керувати електричними властивостями: типом провідності і концентрацією носіїв струму. Однак, незважаючи на численні дослідження, ще досі немає єдиної думки про переважаючий вид і зарядові стани власних атомних дефектів у тонких плівках ХС. Найбільш імовірно, що дефектна підсистема в ХС є досить складною і визначається технологічними факторами вищезгаданого процесу.

В роботі вперше запропоновано кристалохімічну модель атомних дефектів у плівках ХС, яка передбачає одночасне утворення як однозарядних, двозарядних, так і електронейтральних дефектів: міжвузлових атомів і вакансій свинцю ( $\text{Pb}_i^+$ ,  $\text{Pb}_i^{2+}$ ,  $\text{Pb}_i^0$ ,  $\text{V}_{\text{Pb}}^-$ ,  $\text{V}_{\text{Pb}}^{2-}$ ,  $\text{V}_{\text{Pb}}^0$ ). Термодинамічні процеси при вищезгаданому методі гарячої стінки, власну провідність та іонізацію дефектів Френкеля у катіонній підгратці враховано за методом Крегера сукупністю рівнянь відповідних квазіхімічних реакцій спільно із загальною умовою електронейтральності. Сумісний розв'язок згаданої системи рівнянь дає можливість визначити рівноважні концентрації носіїв струму ( $n$ ,  $p$ ), заряджених і електронейтральних дефектів ( $[\text{Pb}_i^+]$ ,  $[\text{Pb}_i^{2+}]$ ,  $[\text{Pb}_i^0]$ ,  $[\text{V}_{\text{Pb}}^-]$ ,  $[\text{V}_{\text{Pb}}^{2-}]$ ,  $[\text{V}_{\text{Pb}}^0]$ ) через константи рівноваги квазіхімічних реакцій і парціальний тиск пари халькогена  $P_{\text{X}_2}$ .

Приклад розрахованих залежностей холлівської концентрації носіїв струму  $n_H = n - p$  для плівок  $\text{PbTe}$  від тиску пари  $\text{Te}_2$  при постійних температурах підкладки і випарника ( $T_n = 653\text{K}$ ,  $T_b = 833\text{K}$ ) та від температури підкладки  $T_n$  при постійних значеннях температури