**Вилкова Наталія Юріївна. Структурно-концентраційні зміни в тонкоплівковій системі Cr/Cu/Ni при лазерній обробці: дис... канд. техн. наук: 05.16.01 / Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". - К., 2005**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Вилкова Н.Ю. Структурно-концентраційні зміни в тонкоплівковій системі Cr/Cu/ni при лазерній обробці – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.01 – металознавство та термічна обробка металів. – Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ, 2005.  Дисертація присвячена встановленню закономірностей формування структурно-концентраційних неоднорідностей та дифузійного масопереносу компонентів в тонкоплівковій системі Cr-Cu-Ni при термічній обробці імпульсно-періодичним лазерним опроміненням в широкому інтервалі значень енергії імпульсів, кількості діючих імпульсів та тривалості обробки.  Показано, що термічна обробка лазерним опроміненням має характер високоекстремального впливу – "термоудару", що при певних режимах обробки (*Е*>*Е*п) забезпечує перехід мікрооб'ємів матеріалу в рідкий стан, розвиток прискореного масопереносу в системі "рідка фаза – тверда фаза", загартування. При такій обробці формуються вельми неоднорідні структурно-концентраційні розподіли, термодинамічно нерівноважні, але кінетично стійкі стани.  Встановлено, що особливу роль в дифузійному масопереносі атомів міді та хрому при термічній обробці лазерним опроміненням тонкоплівкової системи Cr/Cu/Ni відіграє зовнішня поверхня шару нікелю: поверхня термодинамічно обумовлює направлений масоперенос компонентів в об’ємі тонкоплівкової системи і є стоковою для дифундуючих елементів – міді та хрому, при цьому контролюючим фактором є утворення оксиду хрому на зовнішній поверхні шару нікелю; наявність градієнтів концентрацій дифундуючих елементів протягом термічної обробки лазерним опроміненням зберігається (концентраційна однорідність в об’ємі тонкоплівкої системи не досягається).  Показано вплив різних режимів термічної обробки лазерним опроміненням на формування структури поверхні тонкоплівкової системи Cr/Cu/ni. | |
| |  | | --- | | Із застосуванням методів електронної оже-спектроскопії, растрової електронної мікроскопії, дифракції повільних електронів досліджено вплив термічної обробки імпульсно-періодичним лазерним опроміненням (з довжиною хвилі l=1,06 мкм та гаусовим просторовим розподілом інтенсивності в промені радіусом 0,5 мм) в широкому інтервалі енергій імпульсів (0,050,256 Дж), кількості імпульсів (12160) та тривалості обробки (2,033,87 мс) на закономірності формування структурно-концентраційних неоднорідностей та дифузійного масопереносу компонентів в тонкоплівковій системі Cr/Cu/Ni.  Основні наукові і практичні результати, отримані в роботі, полягають у наступному:   1. При моделюванні і визначенні градієнтних характеристик термічної обробки лазерним опроміненням тонкоплівкової системи Cr/Cu/Ni встановлено зміну температури нагріву (~900-1300 К) в зоні опромінення при різних часових інтервалах дії імпульсу для значень енергії імпульсів 0,050,256 Дж, радіально-просторовий розподіл температури для даного значення енергії та тривалості імпульсів 2,810-43,9510-3 с, максимальну температуру нагріву в епіцентрі зони лазерного опромінення (1300 К), коефіцієнт температуропровідності тришарової структури (~0,366 см2/с); максимальну швидкість нагріву та охолодження (відповідно ~3106 К/с та ~1106 К/с), максимальний температурний градієнт в напрямку, перпендикулярному до поверхні (~2,5105 К/см), максимальний температурний градієнт в напрямку уздовж площини плівкової структури (~1,4104 К/см). 2. Термічна обробка лазерним опроміненням має характер високоекстремального впливу – "термоудару", що при певних режимах обробки (*Е*>*Е*п) забезпечує перехід мікрооб'ємів матеріалу в рідкий стан, розвиток прискореного масопереносу в системі "рідка фаза – тверда фаза", загартування. При такій обробці формуються вельми неоднорідні структурно-концентраційні розподіли, термодинамічно нерівноважні, але кінетично стійкі стани; останнє є фактором, який визначає стабільність в подальшій експлуатації елементів мікроприладів, що були піддані такому особливому виду термічної обробки. 3. Встановлено, що особливу роль в дифузійному масопереносі атомів міді та хрому при термічній обробці лазерним опроміненням тонкоплівкової системи Cr/Cu/Ni відіграє зовнішня поверхня шару нікелю: поверхня термодинамічно обумовлює направлений масоперенос компонентів в об’ємі тонкоплівкової системи і є стоковою для дифундуючих елементів – міді та хрому, при цьому контролюючим фактором є утворення оксиду хрому на зовнішній поверхні шару нікелю; наявність градієнтів концентрацій дифундуючих елементів протягом термічної обробки лазерним опроміненням зберігається (концентраційна однорідність в об’ємі тонкоплівкової системи не досягається). 4. Показано, що швидкість руху компонентів системи Cr/Cu/Ni до зовнішньої поверхні при лазерній обробці визначається енергією опромінення та кількістю діючих імпульсів. До певного порогового значення енергії лазерних імпульсів *Е*п=0,196 Дж на стоковій поверхні нікелю переважно накопичуються атоми міді. При *Е*>*Е*п виявлено ефект підвищеної дифузійної рухливості атомів хрому порівняно з дифузійною рухливістю атомів міді: збільшення енергії імпульсів над пороговим значенням *Е*>*Е*п забезпечує переважний масоперенос до зовнішньої поверхні шару нікелю атомів хрому. При цьому чим більше енергія, тим менша кількість імпульсів (*N*) при даному значенні енергії імпульсів забезпечує ефект (при *Е* = 0,196 Дж – *N* = 200, при *Е*=0,226 Дж – *N* = 100, при *Е*= 0,256 Дж – *N* = 5). 5. Розрахунок коефіцієнтів дифузії компонентів системи Cr/Cu/Ni з використанням даних щодо енергії і тривалості лазерного імпульсу, радіусу гаусової плями в зоні дії, оптичних і теплофізичних характеристик (при визначенні температури нагріву), але без врахування впливу нерівноважних дефектів, свідчить про лінійну залежність коефіцієнтів дифузії від енергії лазерного опромінення. Коефіцієнти дифузії хрому та міді розраховані з використанням методу "поверхневого накопичення" за результатами електронної оже-спектроскопії в діапазоні 10-910-10 см2/с експоненціально залежать від енергії лазерних імпульсів. Підвищення дифузійної рухливості атомів міді та хрому при лазерній обробці у порівнянні з традиційною термічною обробкою є наслідком прискореного лазерно-стимульованого масопереносу, обумовленого генерацією високої концентрації нерівноважних дефектів в зоні такого високоекстремального впливу. 6. Встановлено, що в результаті термоіндукованих твердофазних реакцій при імпульсно-періодичному лазерному опроміненні тонкоплівкової системи Cr/Cu/Ni відбувається формування структур різних масштабних рівнів: зеренної з розмірами зерен в діапазоні 100500 мкм та структури, що складається з евтектичних колоній частинок Cr-Ni з розміром елементів у субмікронному діапазоні. Лазерно-стимульований масоперенос та формування структури відбувається в умовах знакозмінних температурних градієнтів (~105 К/см), великих значень густини дислокацій (~7109 см-2), високої швидкості деформації (~ 20 с-1) при малому ступеню деформації (~0,01). 7. Визначено режими керування процесами дифузійного формування структури поверхні; застосування режиму сканування, що не приводить до плавлення, при термічній обробці лазерним опроміненням дозволяє проводити направлену модифікацію поверхні системи Cr/Cu/Ni в зоні обробки: одночасним зменшенням енергії лазерного імпульсу (від 0,05 Дж до 0,256 Дж) та швидкості сканування (від 1,0 до 6,6 мс) досягається збільшення розміру зерен в широкому діапазоні величин (100-500 мкм); зростання розміру зерен з переважною їх орієнтацією в напрямку сканування відбувається в твердій фазі із високою швидкістю – порядку 10-5 м/с.   Одержані результати можуть бути також використані для розробки металознавчих принципів створення дисипативних структур на поверхні металевих елементів мікроприладів при більш низьких, ніж при традиційному термічному відпалі, температурах технологічних процесів їх виготовлення. | |