**Вербицька Тетяна Іванівна. Закономірності фазоутворення та термічна стабільність силіциду нікелю NiSi в тонкоплівкових системах Co-Ni, Ni-Ti, Ni-Si на монокристалах кремнію: дис... канд. техн. наук: 05.16.01 / Національний технічний ун-т України "Київський політехнічний ін-т". - К., 2004. , табл.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | ВЕРБИЦЬКА Т.І. ЗАКОНОМІРНОСТІ ФАЗОУТВОРЕННЯ ТА ТЕРМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ СИЛІЦИДУ НІКЕЛЮ NiSi В ТОНКОПЛІВКОВИХ СИСТЕМАХ Co-Ni, Ni-Ті, Ni-Si НА МОНОКРИСТАЛАХ КРЕМНІЮ - Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.16.01 – Металознавство і термічна обробка металів. - Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, Київ, 2004.  Дисертація присвячена визначенню закономірностей формування фазового складу й структури внаслідок термічно-активованих твердотільних реакцій та інтервалів термічної стійкості силіциду нікелю NiSi у тонкоплівкових одношарових системах Ni, Co, бішарових системах Co-Ni, Ni-Ti та у багатошарових плівкових нанорозмірних системах Ni/Si/Ni/Si…, Co/Si/Co/Si…, Ni/Tі/Ni/Ti… на монокристалах кремнію.  Процеси фазоутворення було досліджено методами рентгенівського аналізу, резістометрії, хімічного пошарового аналізу, спектральної еліпсометрії, просвічуючої електронної мікроскопії поперечних перерізів. Встановленo закономірності зміни фаз, інтервали термічної стійкості силіциду нікелю NiSi, вплив шару “природного” оксиду кремнію, товщини проміжного шару нікелю та послідовності розташування шару титану на процеси силіцидоутворення. Показана важливість застосування оптичних та магнітооптичних методів для виявлення змін фазового складу та структури в осадженому стані, після іонного опромінення та при низькотемпературному відпалі (до 470 К), що не виявлялись традиційними рентгенівськими методами. | |
| |  | | --- | | 1.Визначено вплив орієнтації монокристалічної кремнієвої підкладки, наявності шару “природного” оксиду кремнію на такій підкладці, термічної обробки у вакуумі в інтервалі температур 470 - 1170 К на формування структури, фазовий склад та електрофізичні властивості в тонкоплівкових системах Ni(200 нм), Co(200 нм), Co(300 нм)/Ni(20, 50, 300 нм), Ni(300 нм)/Co(20 нм) на монокристалічному кремнії. Встановлено, що вплив орієнтації поверхні монокристалічного кремнію (100), (111) на розвиток твердотільних реакцій у біметалічних системах Co(300 нм)/Ni(300 нм) на монокристалах Si аналогічний впливу орієнтації поверхні монокристалічного кремнію (100), (111) на розвиток твердотільних реакцій в системі Ni-Si, а саме: процеси силіцидоутворення на підкладці монокристалічного кремнію орієнтації (100) розпочинаються при 670 К. Температура початку силіцидоутворення на кремнії з орієнтацією поверхні (111) становить 770 К. У системі Co(300 нм)/Ni(300 нм) на монокристалічному кремнії з орієнтацією поверхні (100) та (111) перетворення силіциду нікелю NiSi у дисиліцид NiSi2 відбувається при температурі 870 К, що на 150 К нижче температури перетворення NiSi у дисиліцид NiSi2 в системі Ni-Si.  2. Показано, що “природний” окcид SiOх товщиною 6-10 нм сповільнює процеси фазоутворення в системах Co(200 нм), Co(300 нм)/Ni(20, 50 нм), Ni(300 нм)/Co(20 нм) на монокристалічному кремнії, внаслідок чого процеси фазоутворення розпочинаються при більш високих температурах: у тонкоплівкових системах Co(200 нм)/Si(hkl) при 1170 К, у тонкоплівкових системах Co(300 нм)/Ni(20, 50 нм)/Si(hkl) при 770 К, у системі Ni(300 нм)/Co(20 нм)/Si(100) при 1070 К.  3. Встановлено закономірності процесів фазоутворення в умовах термічного відпалу у вакуумі в інтервалі температур 470 – 1270 К у тонкоплівкових системах Ti(200 нм)/Ni(200 нм)/Si(001) та Ni(200 нм)/Ti(200 нм)/Si(001): послідовність твердотільних реакцій та початок формування силіциду нікелю NiSi в системах Ti(200 нм)/Ni(200 нм) та Ni(200 нм)/Ti(200 нм) на Si(001) залежать від послідовності розташування шарів титану та нікелю (Ti/Ni/Si(001) або Ni/Ti/Si(001)): при розташуванні титану поверх нікелю NiSi утворюється при 670 К. Коли титан знаходиться поміж нікелем та кремнієм, NiSi формується при 870 К. Незалежно від розташування шару титану у висхідній плівковій системі, силіцид нікеля NiSi термічно стійкий до 1170 К, що на 150 К вище температури термічної стійкості NiSi у системі Nі-Si. У системі Ti(200 нм)/Ni(200 нм)/Si(001) NiSi існує в інтервалі температур 670-1170 К, у системі Ni(200 нм)/Ti(200 нм)/Si(001) NiSi термічно стійкий в інтервалі температур 870-1170 К.  4. Визначено, що у тонкоплівковій системі Ni(200 нм)/Ti(200 нм)/Si(001) після відпалу 1170 К протягом 1 години та при тривалому (12 годин) відпалі при температурі 970 К утворюється потрійна сполука Ti4Ni4Si7. Дисиліцид нікелю як кінцевий продукт реакції утворюється в тонкоплівкових системах Ti/Ni/Si(001) та Ni/Ti/Si(001) після відпалу 1270 К тривалістю 1 година.  5. Встановлено закономірності термічно активованих процесів фазоутворення, інтервали існування силіциду нікелю NiSi у багатошарових плівкових композиціях на монокристалічному кремнії орієнтації (001) Ni/Si/Ni/Si… (при різних співвідношенннях кількості речовин Ni та Si: 2:1, 1:1, 1:2), Co/Si/Co/Si… (при співвідношенні кількості речовин Co та Si: 1:2), Ni/Tі/Ni/Ti… (при різних співвідношенннях кількості речовин Ni та Ti: 3:1, 1:1, 1:2). Виявлено, що матеріал багатошарових систем Ni/Si/Ni/Si… на монокристалічному кремнії після осадження, після опромінення іонами аргону з енергією 80 кэВ і дозою 1,5х 1016 Ar+/см*2* та після вакуумного пічного відпалу до 470 К знаходиться в дифракційно-аморфному стані. У процесі подальшого відпалу при 670 К відбувається кристалізація. При підвищенні температури відпалу до 1070 К пошарова структура зникає, формуються силіциди складу Ni2Si, NiSi та NiSi2. В багатошаровій плівковій композиції Co(3 нм)/Si(10,5 нм)/Co(3 нм)/Si(10,5 нм)…на Si(001)кристалізація починається після відпалу 670 К. Відпал у вакуумі при 1070 К приводить до значного збільшення кількості кінцевого силіциду CoSi2.  6. Визначено, що багатошарові плівкові композиції Ni/Ti/Ni/Ti… на Si(001) з товщиною нікелю 3 нм, кремнію - 1,59 нм, 4,77 нм та 9,54 нм не взаємодіють з кремнієм підкладки до температури відпалу 870 К. Вище цієї температури мають місце процеси дифузійної взаємодії шарів та твердотільні реакції з утворенням фаз NiSi, TiSi, Ti4Ni4Si7. NiSi у багатошаровій тонкоплівковій композиції з товщиною нікелю 3 нм, кремнію 1,59 нм термічно стійкий в інтервалі температур 970-1170 К.  7. Визначено вплив термічної обробки у вакуумі в інтервалі температур 470 - 1170 К на оптичні та магнітооптичні властивості матеріалів багатошарових плівкових композицій на монокристалічному кремнії орієнтації (001) Ni/Si/Ni/Si… при різних співвідношеннях кількості речовин Ni та Si: 2:1, 1:1, 1:2), Co/Si/Co/Si… (при співвідношенні кількості речовин Co та Si: 1:2). При дослідженні методом спектральної еліпсометрії багатошарових плівкових композицій Ni/Si/Ni/Si… на Si(001) з товщиною шару нікелю 3 нм, кремнію - 2,6 нм, 5,3 нм и 10,7 нм в осадженому стані, після опромінення іонами аргону та при низькотемпературному відпалі (до 470 К) встановлено, що формуються аморфні області складу, близького до NiSi, а у багатошарових плівкових композиціях Co(3нм)/Si(10,5 нм)/Co(3нм)/Si (10,5 нм) … на Si(001) - області складу, близького до Co2Si. Товщина таких областей для багатошарової плівки з 22 шарами Ni(3 нм)/Si(10,7 нм) на Si(001) складає близько 10 нм. | |