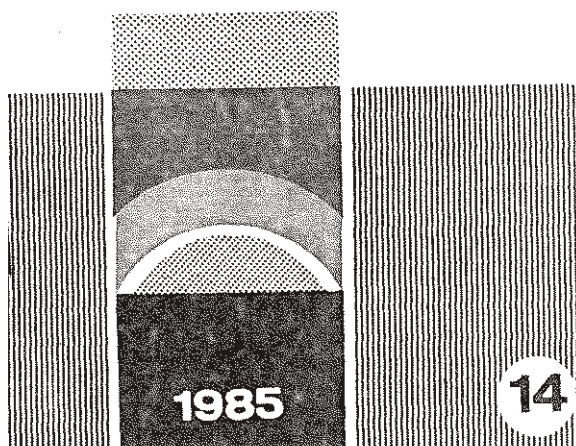


АДГЕЗИЯ РАСПЛАВОВ И ПАЙКА МАТЕРИАЛОВ

ISSN 0136-1732



УДК 548.2+532.64

С. П. Чижик, Н. Т. Гладких, Л. К. Григорьева,
В. И. Ларин, С. В. Дукаров

СМАЧИВАНИЕ СВИНЦОМ ПЛЕНОК НИКЕЛЯ РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЫ НА КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ

Изучение смачивания в высокодисперсных системах представляет научный и практический интерес ввиду его широкого применения в современной технике. В работе [1] было показано, что смачивание твердых поверхностей высокодисперсной жидкой фазой зависит от степени ее дисперсности. В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования смачивания в системе с высокодисперсной твердой фазой. В качестве объекта исследований выбрана система: жидкие частицы свинца — тонкая пленка никеля — монокристалл кремния (грань (111)).

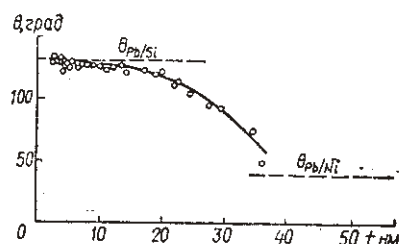
Для препарирования образцов использовался метод вакуумной конденсации, позволяющий получать пленки высокой чистоты и контролируемой степени дисперсности. Испарение и кон-

денсация исследуемых веществ проводились в вакуумной установке с безмасляной системой откачки при давлении 10^{-8} мм. рт. ст. На подложку из монокристалла кремния при 380°C наносилась пленка никеля переменной толщины, а затем без нарушения вакуума по механизму пар — жидкость конденсировался свинец. Толщина пленки контролировалась в процессе испарения с помощью кварцевого резонатора. Полученные образцы охлаждались в вакууме до комнатной температуры и затем исследовались в металлографическом микроскопе МИМ-8.

Углы смачивания θ измерялись на закристаллизовавшихся каплях с использованием различных модификаций метода покоящейся капли (метод скола [2] и метод зеркального отражения).

Результаты измерений θ для системы Pb/Ni/Si приведены на рисунке. Толщина пленки никеля t изменялась от 0 до 40 нм. В интервале толщин 10 нм $0 < t < 10$ нм угол смачивания плавно изменялся от 135 до 40°, т. е. до его предельных значений для двухкомпонентных контактных систем соответственно Pb/Si и Pb/Ni.

Зависимость θ от толщины промежуточного слоя наблюдалась ранее на



Зависимость угла смачивания от толщины промежуточной пленки никеля в системе Pb/Ni/Si.

других системах, например [3, 4]. При этом установлено, что изменение угла смачивания с уменьшением толщины промежуточного слоя объясняется изменением степени гетерогенности подложки, связанной с несплошностью пленки подслоя. Можно ожидать, что полученная зависимость $\theta(t)$ кроме гетерогенности подложки может быть обусловлена также изменением поверхностной энергии пленки никеля с ее толщиной, растворением никеля в жидком свинце или образованием химических соединений в системе пленка — подложка. В данном случае изменение поверхностной энергии пленки никеля, вероятно, можно не учитывать, так как размерная зависимость поверхностной энергии становится существенной при толщине пленки значительно менее 10 нм [1]. По-видимому, полученная зависимость объясняется гетерогенностью подложки, возникшей в результате растворения пленки в жидком свинце [4]. Отметим, что трудно учитываемое влияние оказывает химическое взаимодействие никеля с кремниевой подложкой, которое приводит к образованию химических соединений в системе Ni/Si [5, 6].

Для выяснения характера этого взаимодействия были проведены электронографические исследования двухслойных пленок Ni/Si, сконденсированных

на NaCl подложке. Толщина пленок никеля и кремния 20—100 нм. В процессе конденсации вдоль подложки поддерживался градиент температуры в пределах 100—450 °C. Полученные данные показывают, что примерно до 160 °C взаимодействие отсутствует. В интервале 160 °C $< T < 300$ °C образуется мелкодисперсная фаза, природа которой окончательно невыяснена, хотя анализ интенсивностей рефлексов позволяет выделить две линии с межплоскостными расстояниями 0,31 и 0,19 нм, соответствующие наиболее интенсивным линиям NiSi₂ и Si. Нагрев пленок выше 400 °C приводит к образованию соединений NiSi₂ и NiSi. В интервале 300 °C $< T < 380$ °C при конденсации образуется NiSi₂. При температуре подложки выше 380 °C взаимодействие никеля с кремнием приводит к образованию кроме NiSi₂ также NiSi.

Таким образом, полученные результаты показывают, что изменение угла смачивания в системе Pb/Ni/Si с изменением толщины никеля обусловлено наряду с несплошностью пленки образованием силицидов никеля.

1. *Размерный эффект при смачивании островковыми пленками висмута и свинца углеродных подложек* / С. П. Чижик, Н. Т. Гладких, Л. К. Григорьева и др. — Изв. АН СССР, Металлы, 1981, № 4, с. 73—79.
2. *Определение смачиваемости подложек островковыми конденсатами* / Л. С. Палатник, Н. Т. Гладких, М. Н. Набока, Н. К. Мишнев. — Завод. лаб., 1973, 39, № 9, с. 1098—1100.
3. *Костюк Б. Д., Колесниченко Г. А., Шайкевич С. С.* Смачивание расплавом олова пленок углерода и окиси алюминия, нанесенных на металлические поверхности. — Адгезия расплавов и пайка материалов, 1980, вып. 6, с. 37—39.
4. *Смачиваемость в системе металлический расплав — тонкая металлическая пленка — неметаллическая подложка.* — В кн.: Физическая химия конденсированных фаз, сверхтвердых материалов и их границы раздела / Ю. В. Найдич, Б. Д. Костюк, Г. А. Колесниченко, С. С. Шайкевич. Киев: Наук. думка, 1975, с. 15—27.
5. *Рентгенографическое исследование термически обработанных вакуумных конденсатов Pt/Ni, осажденных на кремний либо окись кремния* / Б. Г. Донишев, А. Е. Лихтман, Ю. Н. Макогон и др. — Металлофизика, 1980, 2, № 1, с. 112—117.
6. *Ottaviani G.* Review of binary alloy formation by thin film interactions. — J. Vac. Sci. and Technol., 1979, 16, N 5, p. 1112—1119.

Харьк. гос. ун-т
им. А. М. Горького

Получено 16.09.82