



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1250424 A1

(51) 4 В 23 К 20/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

## ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3749785/25-27

(22) 01.06.84

(46) 15.08.86. Бюл. № 30

(71) Белорусский ордена Трудового  
Красного Знамени политехнический  
институт

(72) А. В. Степаненко, А. В. Гулай,

В. Г. Войтов и Л. А. Колешко

(53) 621.771.8(088.8)

(56) Король В. К., Гильденгорн М. С.

Основы технологии производства много-  
слойных металлов. М.: Metallургия,  
1970, с. 213-219.

(54)(57) МИКРОПРОВОЛОКА, содержащая  
выполненные из пластичного материала  
кern и охватывающую его оболочку,  
отличающаяся тем, что,  
с целью повышения качества микропро-  
волоки при рабочей температуре, в ка-  
честве пластичного материала приме-  
няют сплав алюминия с никелем при  
следующем соотношении компонентов,  
мас. %:

Алюминий

93,0-99,9

Никель

0,1-7,0

(19) SU (11) 1250424 A1

Изобретение относится к обработке металлов давлением и может найти применение при получении микропроволоки для сварки элементов полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. 5

Целью изобретения является повышение качества микропроволоки путем увеличения ее пластичности при рабочей температуре.

Получают предлагаемую проволоку путем нанесения на kern оболочки, например, методом термического распыления сплава в вакууме или магнетронным распылением. В качестве сплава, обладающего повышенной пластичностью при рабочих температурах, т.е. обладающего эффектом сверхпластичности в интервале температур не выше  $700^{\circ}\text{C}$ , применяют сплав алюминия с никелем при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Алюминий	93,0-99,9
Никель	0,1-7,0

Ограничение в выборе материала, обладающего сверхпластичностью при температуре ниже  $700^{\circ}\text{C}$ , обусловлено тем, что более высокие температуры недопустимы при микросварке давлением элементов полупроводниковых приборов и интегральных микросхем, так как они приводят к необратимым явлениям в полупроводниковом кристалле. 15

Выбор концентрации примеси никеля (0,1-7,0 мас. %) в материале оболочки или керна обусловлен следующими причинами. 20

При концентрации меньше 0,1 мас. % положительный эффект не достигается, т.е. повышение пластичности микропроволоки не происходит. В случае концентрации более 7 мас. % атомы примесей приводят к значительному разупрочнению кристаллической решетки алюминия, что увеличивает удельное сопротивление проволоки. 25

Предлагаемая микропроволока при определенной температуре, достигаемой в зоне контакта при микросварке, переходит в состояние сверхпластичности. При этом снижаются контактные напряжения в зоне микросварки, облегчается и ускоряется процесс пластической деформации, что приводит, соответственно, к ускорению процесса схватывания соединяемых материалов. При этом резко увеличивается скорость диффузионных процессов, требуется намного меньше времени для 30

релаксации механических напряжений, возникающих в процессе деформации. Указанные явления приводят в конечном итоге к повышению качества микросварных соединений.

Например, сплав алюминия с никелем (6,4 мас. % Ni) обладает сверхпластичностью при  $550^{\circ}\text{C}$ . Данная температура развивается в зоне соединения в процессе термокомпрессионной микросварки, микросварки сопротивлением и достигает данных значений в локальных участках контакта при ультразвуковой микросварке, следовательно, материал оболочки и/или керна микропроволоки будет переходить в состояние сверхпластичности в процессе сборки изделий микроэлектроники. Указанный сплав обладает достаточно высокими критериями сверхпластичности: относительным удлинением  $\delta$  и коэффициентом чувствительности к скорости деформации  $m$ . Величина  $\delta$  при растяжении без разрушения возрастает с 38 (при  $20^{\circ}\text{C}$ ) до 210% (в условиях сверхпластичности), а коэффициент  $m=0,37$  (проявление сверхпластических свойств возможно при  $m>0,3$ ). 35

Ускорение релаксации механических напряжений, возникающих при микросварке, является конкурирующим процессом для роста нитевидных кристаллов. Поэтому использование предлагаемой микропроволоки позволяет значительно уменьшить число нитевидных кристаллов, снизить вероятность закоорачивания входных контактов с подложкой и повысить надежность изделий микроэлектроники. 40

Кроме того, предлагаемая микропроволока обладает повышенной коррозионной стойкостью при повышенной температуре и влажности. Это обусловлено наличием в сплаве соединения  $\text{NiAl}_3$ , электродный потенциал которого выше, чем у алюминия, и равен 0,73 В по сравнению с 0,85 В для чистого Al. 45

Плотность сплава  $\text{Al}+\text{Ni}$  растет линейно до значения  $2,710 \text{ г/см}^3$ , соответствующего 0,58% Ni, т.е. пористость материала уменьшается, что приводит к снижению взаимодействия его с парами воды и уменьшению толщины поверхностных окисных пленок. При уменьшении толщины окисного слоя облегчается его разрушение на началь- 50

ной стадии процесса микросварки, при этом в зоне соединения меньше осколков разрушенного окисного слоя и, следовательно, больше фактическая площадь микросварного контакта и выше его механическая прочность.

Микропроволока из сплава  $Al+Ni$  может быть выполнена в следующих вариантах: kern проволоки из алюминия, меди или другого металла, а оболочка из сплава  $Al+Ni$ ; kern проволоки из сплава  $Al+Ni$ , а оболочка из другого металла или сплава, например алюминия; kern и оболочка из сплава  $Al+Ni$ .

Пример. При диаметре алюминиевой микропроволоки 35 мкм оболочку получали путем сплавления алюминия и никеля на испарителе и последующего осаждения сплава на поверхности микропроволоки. Толщина оболочки составляла  $\sim 1,2$  мкм. Осуществляли присоединение разработанной микропроволоки к алюминиевой пленке на полупроводниковой пластине методом ультразвуковой микросварки при  $t_{св} = 0,03$  с,  $P_{ст} = 0,4$  Н. На электромеханический преобразователь подавали напряжение колебаний широкого спектра частот  $U_1 = 40$  В. Получали гистограммы распределения усилий на разрыв микросварных соединений. Если при использовании алюминиевой проволоки без оболочки с добавками  $Ni$  максимум кривой распределения прочности микросварных соединений приходится на  $0,08-0,10$  Н и при введении добавки  $Ni$  в материал оболочки в количестве  $0,05$  мас. % прочность практически не изменяется, то при  $0,1$  мас. %  $Ni$  максимум кривой рас-

пределения прочности приходится на  $0,12-0,14$  Н, а при  $\sim 0,6\%$   $Ni$  на  $0,16-0,20$  Н.

Измеряли также контактное сопротивление  $R_k$  микросварных соединений четырехзондовым методом. Значение  $R_k$  при введении добавок  $0,1-7$  мас. %  $Ni$  находится на уровне  $(0,6 \pm 0,08) \times 10^{-3}$  Ом. При увеличении содержания никеля более 7 мас. %, например при 8 мас. %,  $R_k$  увеличивается до  $(1,3 \pm 0,3) \times 10^{-3}$  Ом.

Полупроводниковые приборы с использованием разработанной микропроволоки диаметром 35 мкм с оболочкой, выполненной из алюминия с добавками никеля, подвергали термической обработке при  $125^\circ C$  в течение 1000 ч. После проведения обработки подсчитали длину и количество нитевидных кристаллов. При введении  $6,4$  мас. %  $Ni$  общая длина нитевидных кристаллов уменьшается на  $40-45\%$  по сравнению со случаем использования микропроволоки без введения  $Ni$ . Приборы испытывали также в камере тепла и влаги при  $65^\circ C$  и  $95\%$ -ной относительной влажности. При испытаниях  $50\%$  отказов приборов с использованием алюминиевой проволоки без оболочки происходит в течение 210 ч. Полный выход из строя приборов наблюдается соответственно в течение 180 и 960 ч. Отказы приборов происходят вследствие коррозионных разрушений микросварных соединений.

Таким образом, коррозионная стойкость изделий при использовании предлагаемой проволоки повышается в  $5,3-5,5$  раза.

Составитель И. Николаева

Редактор Л. Веселовская

Техред О. Гортвай

Корректор В. Бутяга

Заказ 4364/13

Тираж 1001

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР

по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4