

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. Ж. ЕСАЯН, Г. К. АБРАМЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
СИСТЕМЫ «ЗОЛОТО—АЛЮМИНИЙ»

Традиционно используемая в микроэлектронике пара «золотая проволока—алюминиевая пленка» представляет большой практический интерес ввиду того, что надежность приборов в значительной степени определяется надежностью контактных выводов. В процессе сварки и предыдущих технологических операциях, а также во время дальнейшей эксплуатации в зоне контакта образуется ряд интерметаллических соединений системы «золото—алюминий», физические параметры которых приведены в табл. [1].

Таблица

Параметры	Au	AuAl ₃	AuAl	Au ₂ Al	Au ₃ Al ₂	Au ₄ Al	Al
Содержание, % $\frac{Au}{Al}$	100 0	21,8 78,2	12,2 87,6	6,4 93,4	5,4 94,6	3,4 96,6	0 100
Уд. сопр. $\times 10^{-6}$, ом·см	3,2	7,8	12,4	13,1	25,5	37,5	2,3
Козф. линейного расширения $\times 10^{-6}$, $^{\circ}C^{-1}$	2,3	0,94	1,2	1,3	1,4	1,2	1,42
Твердость по Викерсу (5 кг)	20—50	263	248	130	271	334	60—90
Тип структуры	куб. гран. центр.	куб. гран. центр. CaF	куб. гран. центр. ZnS	неизвест.	тип. γ-лат.	куб. тип. β-Mn	куб. гран. центр.
Постоянная решетки, Å	4,5	6,00	6,05	6,05	—	6,82	4,08

Как видно из табл., образующиеся интерметаллические соединения системы «золото—алюминий» сильно ухудшают электрические свойства контактов, повышая их сопротивление. Кроме того, интерметаллоиды имеют различные типы структур, разные постоянные кристаллической решетки, отличные коэффициенты объемного расширения, которые приводят к образованию трещин вдоль напряженных поверхностей разде-

ла интерметаллических фаз. По-видимому, этими явлениями и обусловлены деградация и отказ контактов.

В [2] показано, что фаза $AuAl_3$, названная «пурпурной чумой», является основной причиной отказов. В ряду имеющихся методов устранения указанных недостатков предложено применять промежуточные слои металлов, при наличии которых фактически отсутствует физический контакт между золотой проволокой и алюминиевой пленкой. В качестве промежуточного выбран тонкий слой меди. В данной работе исследованы многослойные металлические структуры (сепараторы) $Au-Al$, $Au-Cu-Al$ методами измерения электрического сопротивления и электронографии.

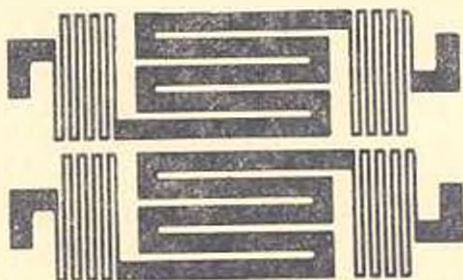


Рис. 1. Микрофотография металлических слоев.

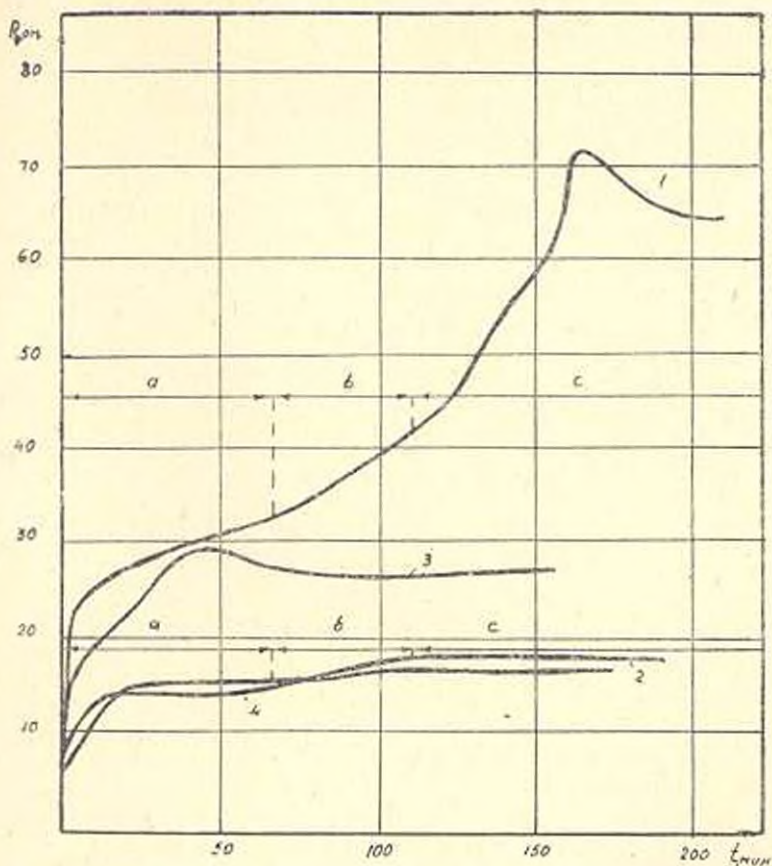


Рис. 2. Зависимость сопротивления R от времени отжига для образцов: 1 — $Au-Al$ (Au/Al 4:1); 2 — $Au-Cu-Al$ (Au/Al 4:1); 3 — $Au-Al$ ($Au/Al=1:1$); 4 — $Au-Cu-Al$ (Al/Cu 1:1). a — температура отжига $300^\circ C$, b — повышение температуры от $300^\circ C$ до $400^\circ C$, c — температура отжига $400^\circ C$.

Точное измерение электрического сопротивления микроконтакта «проводник-пленка» представляет значительную трудность, поэтому исследования были проведены на модельных образцах (рис. 1).

На рис. 2 представлены зависимости электрического сопротивления соединения от времени при постоянных температурах, для образцов с концентрационными соотношениями $Au/Al = 4:1$ и $Au/Al \geq 1:1$.

Как видно, на образцах $Au/Al = 1:1$ при отсутствии промежуточного слоя меди, рост электросопротивления соответствует данным табл. Можно заключить, что в системе «золото—алюминий», где соотношение концентрации 4:1, после длительной термообработки образовалась фаза Au_4Al , а в системе $Au/Al \geq 1:1$ — фаза $AuAl$ или Au_2Al . На всех исследуемых образцах при наличии промежуточного слоя меди не наблюдался рост электросопротивления.

После гомогенизирующей термообработки образцы исследовались на электронографе ЭМР-100 в режиме отражения, при ускоряющем напряжении 75 кВ. Следует отметить, что в отличие золото-алюминиевых соединений, на поверхности которых были обнаружены интерметаллические фазы системы $Au-Al$, на золото-медь-алюминиевых образцах указанные фазы отсутствовали.

Анализируя полученные данные, можно заключить, что при наличии тонкого слоя меди, между золотом и алюминиевыми пленками исключается образование интерметаллических фаз системы «золото—алюминий».

Принт им. К. Маркса

27. X. 1982

ЛИТЕРАТУРА

1. Физические основы надежности интегральных схем. /Под. ред. Ю. Г. Миллера. М.: Сов. радио, 1976. — 326 с.
2. Зеликсон Б., Лонго Т. А. Изучение «пурпурной чумы» и ее роль в интегральных схемах. — ТИИЭР, 1965, т. 52, № 12, с. 1778—1782