

частности, со свойствами, близкими к заданным. Экспериментальная проверка теоретических данных показала их удовлетворительную сходимость. В результате для небольшого числа опытных составов (по 6–10 в каждой системе) разработаны стекла, которые по комплексу физико-химических свойств пригодны в качестве легкоплавкого компонента диэлектрических и резистивных композиционных материалов, применяемых в толстопленочной технологии интегральных схем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлушкин Н.М., Журавлев А.К. Легкоплавкие стекла. — М., 1970. 2. Самуйлова В.Н., Манченко З.Ф. Синтез и исследование свойств висмутсодержащих легкоплавких стекол. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1978, вып. 7, с. 18–24. 3. Синтез и исследование свойств бесщелочных легкоплавких стекол/Н.Н. Ермоленко, З.Ф. Манченко, В.Н. Самуйлова, В.И. Шамкалович. — В кн.: Вопросы радиоэлектроники. Сер. Технология производства и оборудование. М., 1978, вып. 2, с. 75–79. 4. Манченко З.Ф. Самуйлова В.Н., Шамкалович В.И. Синтез и исследование свойств стекол в висмутсодержащей системе для покрытий интегральных схем. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1979, вып. 8, с. 35–41. 5. Ермоленко Н.Н., Манченко З.Ф., Самуйлова В.Н. Легкоплавкие висмутсодержащие стекла для защиты полупроводниковых приборов. — Электронная техника. Сер. 6. Материалы, 1982, вып. 9 (170), с. 60–63. 6. Манченко З.Ф., Самуйлова В.Н. Инфракрасно-спектроскопические исследования структуры висмутсодержащих стекол. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1980, вып. 9, с. 16–20. 7. Манченко З.Ф. Вопросы синтеза и исследование свойств легкоплавких свинецсодержащих стекол для микроэлектроники. — Там же, с. 3–7. 8. О взаимосвязи свойств, химического состава и строения висмутсодержащих стекол/Н.Н.Ермоленко, З.Ф. Манченко, Н.Г. Саевич и др. — В кн.: Стекло, ситаллы и силикаты. Минск, 1982, вып. 11, с. 3–8.

УДК 660.01

Г.Г. СКРИПКО, М.П. ГЛАСОВА, канд-ты техн. наук (БТИ),
С.П. РЖЕВСКАЯ (БПИ)

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТЕКОЛ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В настоящее время в качестве подложек для печатных плат интегральных микросхем широко используется керамика. Однако в последнее время наметилась тенденция к замене керамических подложек микросхем стальными пластинами, покрытыми слоем стеклоэмали. Технологичность и лучший теплоотвод стали позволяют снизить стоимость и увеличить выходную мощность микросхем.

Материал, применяемый для покрытия стальных подложек, должен сохранять стабильность фазового состава при многократ-

ном воздействии температуры, равной 850–950 °С, и при этом обладать удельным объемным сопротивлением не менее 10^{10} Ом·м и тангенсом угла диэлектрических потерь 0,003. Температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР) покрытия должен быть соизмерим с ТКЛР для стали и равняться $110–120 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ [1].

Известно, что для получения высокого значения ТКЛР желательное присутствие в составах стекол оксидов щелочных металлов. Но необходимость обеспечения высоких диэлектрических характеристик материала практически исключает включение щелочных оксидов в состав стекла, т.е. последний должен быть бесщелочным.

В настоящее время имеются лишь единичные зарубежные публикации [2] по созданию и применению эмалированных стальных подложек, что, очевидно, связано со значительными трудностями создания таких материалов.

В данной работе излагаются результаты исследования стекол на основе системы $\text{SiO}_2\text{—Al}_2\text{O}_3\text{—MgO—BaO}$, которые могут служить базой разработки электроизоляционных покрытий для стальных подложек. Для этого была выбрана малокремнеземистая область вышеуказанной системы с возможно большим содержанием оксидов щелочно-земельных металлов.

Исследования в этой области системы не проводились и, следовательно, могут представить теоретический интерес.

Выбор барийсодержащей силикатной системы обусловлен тем, что, согласно Аппену [3], из всех оксидов щелочно-земельных металлов BaO имеет наибольшее парциальное значение ТКЛР. Введение в составы стекол оксида магния вызвано тем, что при термообработке магнийсодержащих стекол может быть получена кристаллическая фаза форстерит, имеющая также высокое значение ТКЛР — $90 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ [1].

Стекла синтезировались в газовой печи из материалов квалификации х.ч. в корундизовых тиглях емкостью 10 мл. Температура синтеза составляла 1500 °С. Выработка стекол производилась на металлическую плиту.

Результаты исследования стеклообразования (рис. 1) показали, что эквимолекулярная замена оксида бария на оксид магния приводит к расширению области стеклообразования в сторону умень-

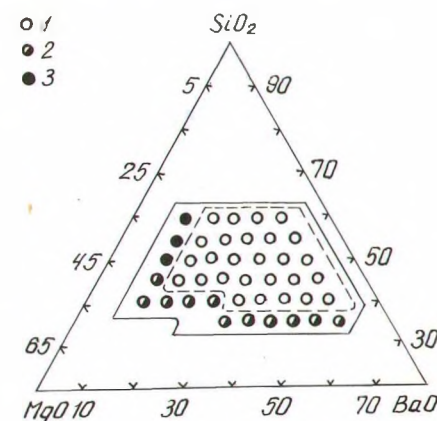


Рис. 1. Стеклообразование и область изученных составов в системе $\text{SiO}_2\text{—Al}_2\text{O}_3\text{—MgO—BaO}$: 1 — прозрачные стекла; 2 — стекла, кристаллизующиеся при выработке; 3 — стекла с непроваром.

шения содержания кремнезема. Увеличение концентрации в составах стекол оксида бария при постоянном содержании SiO_2 или же снижение концентрации кремнезема приводит к ускорению процесса варки исследуемых стекол.

Было замечено, что повышение содержания двухвалентных оксидов в составах исследуемых стекол способствует снижению их вязкости. Опытные стекла при этом хорошо провариваются и осветляются. И наоборот, повышение содержания кремнезема в составах стекол приводит к тому, что они становятся вязкими, плохо осветленными, требующими, вероятно, более высокой температуры синтеза. Как установлено, при значительном содержании оксида бария (40–50 мол. дол., %) устойчивость стеклообразного состояния сохраняется в исследуемых составах стекол и при низком содержании кремнезема (до 35 мол. дол., %).

Способность катионов тяжелых металлов, в частности Ba^{2+} , создавать легко деформируемые асимметричные группы, образующие стекло благодаря их высокой поляризуемости под действием высокого заряда Si^{4+} или B^{3+} , отмечалась Рао [4]. Введение в стекло такого катиона, как Ba^{2+} , обладающего большим ионным радиусом (1,43 Å), должно способствовать снижению подвижности анионных комплексов, оказывать тормозящее действие на процесс кристаллизации и тем самым повышать устойчивость стеклообразного состояния.

Кристаллизационная способность опытных стекол изучалась методом градиентной кристаллизации в интервале температур 600–1000 °С (табл. 1).

Из таблицы следует, что уменьшение концентрации кремнезема в составах исследуемых стекол при постоянном содержании Al_2O_3 сопровождается возрастанием их кристаллизационной способности и снижением до 810 °С нижнего предела температуры кристаллизации. При этом характер кристаллизации меняется от кристаллической пленки до объемной.

Проведенный рентгенофазовый анализ стекол, термообработанных в интервале 800–1000 °С, показал, что в составах, содержащих

Табл. 1. Кристаллизационная способность опытных стекол

Концентрация оксидов в стеклах, мол. дол., %		Характер кристаллизации	Температура начала кристал- лизации, °С
$\Sigma \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$	ΣRO		
65	35	Пленка	950
60	40	— " —	950
55	45	— " —	920
50	50	Корка	900
45	55	Объемная кристаллизация	810
40	60	Стекло кристаллизуется при выработке	—

35–45 мол. дол., % SiO_2 со значительной концентрацией MgO , превышающей концентрацию BaO , образуется кристаллическая фаза — форстерит, необходимая для обеспечения высокого ТКЛР материала.

Важным условием создания надежных качественных покрытий для стали является соответствие ТКЛР стекла и стальной подложки.

Измеренные значения ТКЛР опытных стекол в общем приближаются к данным, полученным расчетным путем [3].

На основании изучения влияния состава стекла на величину ТКЛР выяснено, что это свойство зависит в большей степени от содержания BaO и почти не зависит от содержания SiO_2 . Это согласуется с результатами других исследователей [3]. Величина ТКЛР опытных стекол составила $73 \cdot 10^{-7} \pm 99 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹.

Как показало выборочное определение химстойкости опытных стекол, они могут быть отнесены ко второму гидролитическому классу, что соответствует требованиям, предъявляемым к материалам для покрытий по стали.

Таким образом, проведенное исследование кристаллизационных свойств стекол системы $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO} - \text{BaO}$, а также их температурного коэффициента линейного расширения и химстойкости дает основание полагать, что на основе стекол данной системы могут быть получены материалы, используемые в качестве пленочных электроизоляционных покрытий по стали для плат микроэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. — М., 1979. — 360 с.
2. Лаймен. Новые методы и материалы для изготовления печатных плат. — Электроника, 1978, № 9, с. 33–47.
3. Аппен А.А. Химия стекла. — Л., 1974. — 351 с.
4. Rao Bh. V Janakirama Dielectric properties of glasses in the systems $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{CdO} - \text{SiO}_2$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{CdO} - \text{GeO}_2$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{CdO} - \text{B}_2\text{O}_3$ and their relation to the structure of glasses. — Journ. Amer. Ceramic Soc., 1962, 45, № 11, p. 555–563.

УДК 666.11.01

И.К. НЕМКОВИЧ, канд.техн.наук,
О.В. НЕВАР (БПИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКОЛ СИСТЕМЫ $\text{B}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{BaO} - \text{RO}$ ДЛЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТАННАТНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Важным свойством стекол для толстопленочных резисторов является инертность по отношению к компонентам проводящей фазы. Из-за повышенной химической активности применяемых материалов стеклу в составе резистивных недефицитных композиций отводится более серьезная роль, чем при использовании в качестве