

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ  
СИЛИЦИДА МАГНИЯ В МАГНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Форма кристаллических образований фаз, выделяющихся в затвердевающих сплавах, существенно влияет на свойства получаемого материала. По вопросу формообразования таких фаз большинство исследователей придерживается мнения о решающем воздействии на форму выделений окружающей среды. Однако, как было показано в работе /1/, характер роста кристаллических образований существенно зависит от изменения физических свойств самой выделяющейся фазы. Последнее отчетливо проявляется при кристаллизации графита в чугунах, кремния и антимонида алюминия в алюминиевых сплавах /2,3/. Графит и другие указанные фазы обладают полупроводниковыми свойствами, поэтому внедрение в их кристаллическую решетку донорных примесей способствует снижению анизотропии теплопроводности по различным кристаллографическим направлениям. В результате этого растущая фаза приобретает равноосную форму.

Аналогичный эффект влияния некоторых примесей на форму включений силицида магния исследовался в кристаллизующихся магниевых и алюминиевых сплавах.

Среди магниевых сплавов, применяемых в промышленности, наиболее экономичным является сплав марки МЛ1. Он относится к системе Mg-Si - сплавов и содержит I, I-I, 4% кремния. Данный сплав не нашел пока широкого применения в изготовлении отливок ввиду его низких механических свойств. Это связано с тем, что в структуре сплава содержится значительное количество эвтектики, в состав которой входит силицид магния игольчатого строения. Следует отметить также низкие литейные свойства этого материала.

Литейные свойства сплава МЛ1 можно значительно улучшить увеличением содержания кремния, снижающего усадку сплава и уменьшающего его склонность к горячеломкости.

Вместе с тем повышение содержания кремния в сплаве ухудшает его механические свойства вследствие роста количества включений фазы  $Mg_2Si$ , выделяющейся в форме, близкой к игольчатой.

Химическое соединение  $Mg_2Si$  является полупроводником и поэтому, согласно выводам работы /I/, должно реагировать на микролегирование донорными примесями.

Для исследований использовался заэвтектический  $Mg-Si$  - сплав, содержащий 3% кремния. Сплав готовился методом сплавления магния марки MgI и кремния KpI. Шихтовые материалы помещались в алундовый тигель и опускались в стальную реторту с холодильником в верхней части. Такая конструкция реторты позволяла использовать резиновые уплотнения при создании в ней вакуума или нейтральной атмосферы. Плавки проводились в силитовой печи шахтного типа.

В результате предварительных опытов был выбран следующий режим плавки. Реторта с загруженной в нее шихтой вакуумировалась вне печи в течение 10 минут и затем продувалась аргоном. Не прекращая подачи аргона, реторту опускали в печь, нагретую до  $900^{\circ}C$ . Плавка продолжалась 30 минут с последующим охлаждением сплава до  $800^{\circ}C$ . При этой температуре проводилось модифицирование расплава примесями. Слиток охлаждался на воздухе. Выбранный режим плавки обеспечивал полное растворение кремния при минимальном окислении сплава.

В качестве модификаторов использовались элементы различных групп периодической системы Д.И. Менделеева: литий, натрий, калий, бериллий, кальций, цинк, кадмий, бор, алюминий, галлий, индий, олово, свинец, фосфор, сурьма, висмут, сера, теллур, хлор (в виде  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ) и йод. Добавки вводились в количествах 0,01; 0,05; 0,1; 0,2 и 0,5% к весу сплава.

Анализ микроструктур образцов позволил выявить следующие особенности формообразования включений силицида магния.

В сплаве без добавок включения  $Mg_2Si$  имеют крабовидную и иглообразную форму. Элементы первой группы не оказывают существенного влияния на форму исследуемых включений. Замечено, что только литий при добавке в сплав в количестве 0,5% несколько изменяет форму  $Mg_2Si$ , приближая ее к равноосной. Не обнаружено также изменения формы полупроводникового соединения при микролегировании сплава представителями второй, третьей и четвертой групп периодической системы элементов. Однако совершенно иная картина наблюдается при введении в сплав фосфора, се-

ры, теллура, йода и хлора. Например, добавка в исследуемый сплав 0,05% фосфора вызывает кристаллизацию силицида магния в форме, близкой к шаровидной. Эффективность присадки этого элемента возрастает по мере увеличения ее веса. Такую же форму приобретают включения  $Mg_2Si$  под воздействием добавок элементов VI и VII групп.

Из работ, посвященных физике полупроводников, известно, что для соединения  $AlI^VBy$ , к которым относится  $Mg_2Si$ , донорами могут служить элементы пятой группы, замещающие атомы элемента B, т.е. в нашем случае кремния. Аналогичные результаты следует ожидать от введения элементов шестой и седьмой групп.

Таким образом, на примере рассмотренного сплава подтверждается определенная зависимость между формой включений полупроводниковых фаз и примесями, изменяющими их физические свойства.

#### Л и т е р а т у р а

1. Худокормов Д. Н. Роль примесей в процессе графитизации чугунов. Минск, "Наука и техника", 1968.
2. Худокормов Д. Н. , Галушко А. М. Докл. АН БССР, т. XV, № 5, 1971.
3. Худокормов Д. Н. , Галушко А. М. и др. В сб. "Новая техника и прогрессивная технология". Минск, "Высшая школа", 1969.