

УДК 621.315.592:548.4

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ МУЛЬТИКРЕМНИЯ, ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО РАФИНИРОВАННОГО КРЕМНИЯ МЕТОДОМ БРИДЖМЕНА—СТОКБАРГЕРА

© 2012 г. С. М. Пещерова, Л. А. Павлова,
А. И. Непомнящих, И. А. Елисеев, Ю. В. Сокольников
*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
Сибирского отделения Российской академии наук*

Исследованы особенности распределения примесей в кристаллах мультикремния, выращенных из металлургического рафинированного кремния вертикальным методом Бриджмена—Стокбаргера. Методами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа проведены комплексные исследования химического состава металлургического кремния и слитков мультикремния, выращенных при различных условиях кристаллизации. Изучены размеры и характер распределения микровключений на полированных, травленных поверхностях и сколах кристаллов мультикремния. Выявлены многокомпонентные (состоящие из трех и более элементов) микровключения размером до 100 мкм в слитках мультикремния, выращенных при высоких скоростях (1,5 см/ч) кристаллизации, и малокомпонентные микровключения размером до 1 мкм в слитках мультикремния, полученных при скоростях кристаллизации от 0,5 до 1 см/ч.

Ключевые слова: мультикремний, направленная кристаллизация, метод Бриджмена—Стокбаргера, примеси в мультикремнии, микровключения.

Введение

Условия кристаллизации (скорость роста кристалла, частота вращения тигля, температурный градиент, время и температура выдержки расплава и др.) и концентрации примесей в металлургическом рафинированном кремнии определяют процессы формирования столбчатой структуры мультикремния и ее дефектов: границ зерен, дислокаций, микродефектов, включений примесей и т. д. [1—3]. В мультикремнии из металлургического рафинированного кремния присутствуют примеси В, Р, С, О, Al, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, V, Fe, Ti, Zr и др. Микровключения с высокими концентрациями примесей являются следствием концентрационных переохлаждений, возникающих в расплаве металлургического рафинированного кремния в процессе кристаллизации мультикремния. Следовательно, изучение составов, размеров и других свойств микровключений является необходимым для определения параметров контроля качества получаемых слитков, их структурных и электрофизических параметров, обусловленных, в свою очередь, режимами процесса кристаллизации и химическим составом исходного сырья (металлургического рафинированного кремния).

Материалы и методы исследований

Исследуемые кристаллы мультикремния получены из одной партии металлургического рафинированного кремния (ЗАО «Кремний», г. Шелехов, Иркутская обл.) в экспериментальной ростовой установке СЗВН-20 при различных скоростях перемещения и вращения. В табл. 1 приведены основные ростовые параметры кристаллов мультикремния (скорости перемещения v_p , частоты вращения v_r , время выдержки расплава t) и характеристики химического состава (средние суммарные значения концентраций примесей $\Sigma(\text{imp.})$ и процентный вклад в эти значения элементов примесей В, Р, Fe, Al, Ca).

Данные по химическому составу кристаллов получены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS). Концентрации элементов (В, Al, Mg, Р, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Zr и Pb) определены для каждой пробы во всех десяти исследуемых кристаллах мультикремния (рис. 1). Согласно схеме, изображенной на рис. 1, пробы вырезаны через равные расстояния (≈ 1 см) вдоль направления роста слитков. Средние значения суммарных концентраций примесей $\Sigma(\text{imp.})$ в кристаллах

Таблица 1

Параметры роста кристаллов мультикремния и концентрации примесей в них

Кристалл	$\Sigma(\text{imp.})$	v_p , см/ч	v_r , об/мин	t , ч	В		Р		Fe		Ca		Al	
					%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm
Крс10	944,5	1,5	1	1	1	12,5	3	25,5	67	625,8	4	35,1	6	54,2
Крс11	631,5	1,5	1	1	2	12,3	4	28	63	391,4	5	30,5	8	41,3
Крс30	47,6	1	0,1	1	25	11,4	53	24,9	3	1,6	6	3	11	5
Крс16	45,2	0,5	1	1	6	6	8	8,3	2	2,1	79	86,1	3	3,5
Крс27	108	0,5	0,5	1,5	29	12,8	33	14,2	11	5,1	0	0,1	17	7,8
Крс39Н	31,7	0,5	0	1,5	26	8,7	35	11,5	4	1,5	9	2,9	12	4,1
Крс43Н	37	0,5	0	1,5	31	10	30	9,6	4	1,2	9	2,9	10	3,2
Крс38Н	33,4	0,5	0,1	1,5	30	11,2	27	10,1	9	3,5	7	2,4	20	7,3
Крс42Н	41,6	0,5	0,1	1,5	28	10,3	9	3,1	34	11,9	8	3	16	6
Крс44Н	36,3	0,5	0,2	1,5	32	13	24	10	7	3,1	18	7,5	12	5

Примечание. $\Sigma(\text{imp.})$ — среднее суммарное значение концентраций примесей, рассчитанное из восьми проб из слитка мультикремния (рис. 1). Элемент: % — процентный вклад средней из восьми проб концентрации (ppm) элемента в $\Sigma(\text{imp.})$.

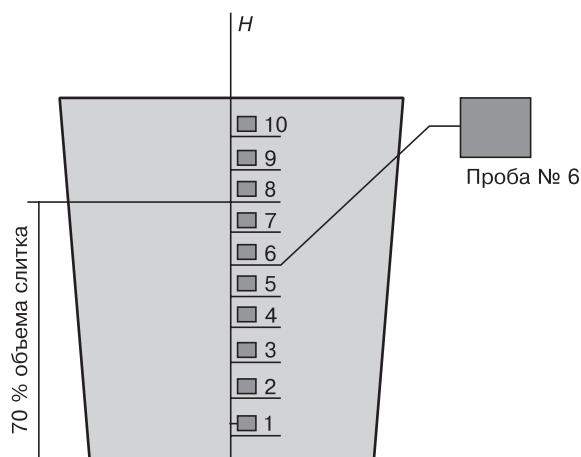


Рис. 1. Схематическое изображение диаметрального разреза слитка мультикремния.
H — высота слитка

мультикремния представляют собой суммарные концентрации всех регистрируемых в пробах элементов, значения которых усреднены в соответствии с количеством анализируемых проб [4]. В расчетах принимали участие пробы только из нижней части слитка, составляющей порядка 70 % объема кристалла. Оставшиеся 30 % не представляют интереса для данного исследования, так как в этой части происходит накопление примесей, оттесняемых фронтом кристаллизации. Микровключения на поверхностях проб, относящихся к верхним частям слитков (пробы № 8—10) исследованы методом рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) [5]. Анализируемые поверхности проб полированы алмазной пастой и очищены от возможных внешних загрязнений ультразвуком в дистиллированной воде. Исследованы также сколы проб мультикремния и кристаллов металлургического рафинированного кремния. Получены изображения поверхностей анализируемых объектов в обратно рассеянных и вторичных элек-

тронах, а также в рентгеновских лучах элементов. При больших увеличениях (более $\times 1000$) следует иметь в виду возможную размытость границ включения, поскольку диаметр зонда составляет 1 мкм, а область возбуждения может быть значительно больше в зависимости от элементного состава матрицы. Содержание элементов в микровключениях определено с помощью энергодисперсионного спектрометра EX-84055MU (JEOL Ltd, Япония). При измерениях с помощью энергодисперсионного спектрометра регистрируются интенсивности всех элементов, составляющих вещество, и сумма концентраций всех элементов нормируется на 100 %.

Результаты и их обсуждение

В табл. 2 представлены концентрации основных элементов, присутствующих в металлургическом рафинированном кремнии, являющемся сырьем для выращивания кристаллов мультикремния. Также указаны процентные соотношения элементов в пробах металлургического рафинированного кремния. Из табл. 2 видно, что металлургический кремний, используемый в качестве сырья, более или менее однороден по своему составу.

При исследовании кристаллов кремния методом РСМА на поверхностях сколов кристаллов были обнаружены микровключения. Изображения поверхности скола металлургического кремния с микровключениями при различных увеличениях приведены на рис. 2. Содержание железа в микровключениях в среднем составляет 70 %, элементы Ti и V в сумме составляют 13 %, Mn — 4 %, Zr — 5 %, Ni — 3 % и Cr — 0,3 %. Соотношения данных элементов во включениях хорошо согласуются с процентными долями этих элементов в суммарных значениях концентраций примесей (см. табл. 2), определенных методом ICP-MS. Таким образом, все

Таблица 2

**Концентрации элементов примесей в пробах кристаллов металлургического
рафинированного кремния**

Элемент	Предел обнаружения	Kr(1)		Kr(2)		Kr(3)		P	
		ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%
B	1,6	11,7	1	11,4	1	7,9	0	11,4	0
Mg	1,9	3,68	0	7,33	0	3,73	0	9,59	0
Al	9,5	176	9	149	8	111,4	6	240	10
P	1,9	22,3	1	21,3	1	14,9	1	21,4	1
Ca	28	66,3	3	67,4	4	45,7	3	106	4
Ti	0,9	107	5	90	5	99	5	123	5
V	0,2	152	8	135	8	143	8	173	7
Cr	4,8	6,98	0	5,03	0	6	0	7,16	0
Mn	0,3	84	4	76	4	80	4	100	4
Fe	19	1234	61	1076	61	1155	65	1471	61
Ni	3,2	55,4	3	48,7	3	52	3	70,2	3
Cu	0,6	15,4	1	12,6	1	14	1	20,4	1
Zr	0,09	81,6	4	69,3	4	75,4	4	91,5	4
Σ	—	2016,43	100	1769,12	100	1808,1	100	2445,11	100

Примечание. Kr(1), Kr(2), Kr(3) — пробы кристаллического металлургического рафинированного кремния; P — 38 кристаллов металлургического рафинированного кремния, истертые в порошок в карбид-вольфрамовой ступке.

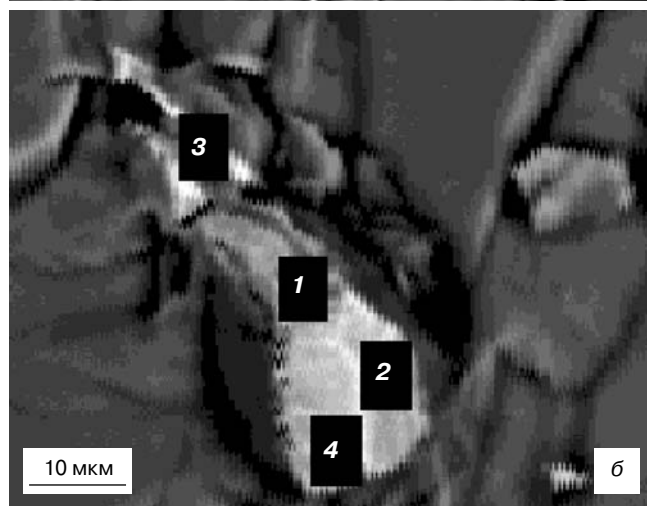
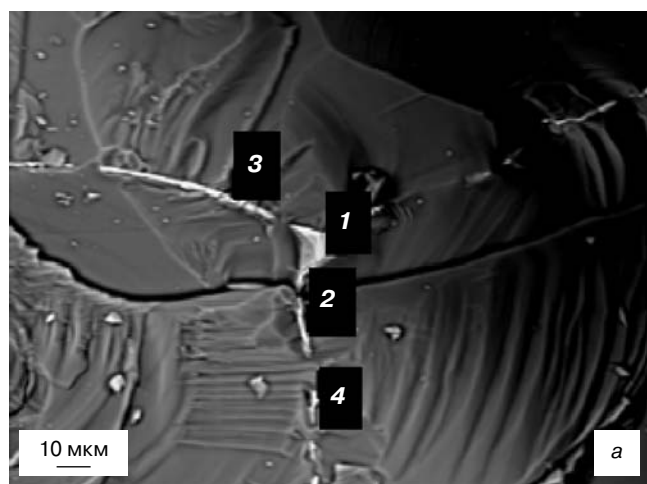


Рис. 2. Изображения в обратнорассеянных электронах фрагмента поверхности скола кристалла металлургического кремния Kr(3), содержащего микровключения:
а — при увеличении $\times 350$; б — $\times 700$

элементы из табл. 3, кроме алюминия, находятся в металлургическом кремнии в виде микровключений. На рис. 3 (см. третью страницу обложки) представлен фрагмент поверхности скола пробы Kr-3, соответствующий области с микровключением, представленной на рис. 2, б. Как видно из рис. 3 (см. третью страницу обложки), на картах распределения элементов примесей в данной области элементы Fe, V и Ti сконцентрированы и относительно равномерно распределены в микровключении, однако за пределами микровключения, т. е. непосредственно в кремнии эти элементы не обнаружены. Более того, по распределению так называемых тяжелых элементов и кремния можно заключить, что наименьшая интенсивность основного элемента (Si) соответствует области микровключения с максимальными интенсивностями в нем Fe, V, Ti, Ni и Mn. Так называемые легкие элементы Na, Al и Mg, наоборот, никак не связаны с микровключением и расположены, скорее, за его пределами, минимальные же интенсивности этих элементов наблюдаются в трещинах, образованных микровключениями и в самих микровключениях. Несмотря на равномерность распределения интенсивностей элементов Ca, Cr, S и P по поверхности скола, контур рельефа поверхности на картах перечисленных элементов заметен. Возможно, данный эффект связан исключительно с неровностью поверхности скола пробы.

В зависимости от условий роста кристаллов мультикремния из металлургического рафинированного кремния, распределение примесей в структуре полученных кристаллов может сильно различаться: при высоких скоростях кристаллизации происходит формирование многокомпонентных

Таблица 3

Составы микровключений (в масс. %) на поверхности скола металлургического рафинированного кремния Кр(3)

Элемент	Al	Fe	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Zr
А-1	4	82,8	2,4	1,4	0,2	3,5	0	2,8	0	2,5	0
А-2	2,4	68,8	8,2	3,1	0,4	3,3	1,2	4,7	1,1	0	6,4
А-3	2,9	78,3	5,8	2,2	0	5	0	4,9	0	0,6	0
А-4	1,3	54,8	17,3	5	0,5	3,8	0,5	3,9	0	0	12,7
Б-1	1,2	73,2	8,1	4,9	0,7	3,7	0	2,9	0,6	0	4,5
Б-2	1,2	68,2	7,7	7,4	0,4	3,8	1,7	4,1	0	0,3	4,9
Б-3	0,9	68,6	6,9	8,8	0	4,7	0,4	2,6	0	0	6,7
Б-4	1,3	66,2	8,4	8,1	0,5	5,3	0,1	2,5	0	1	6,3

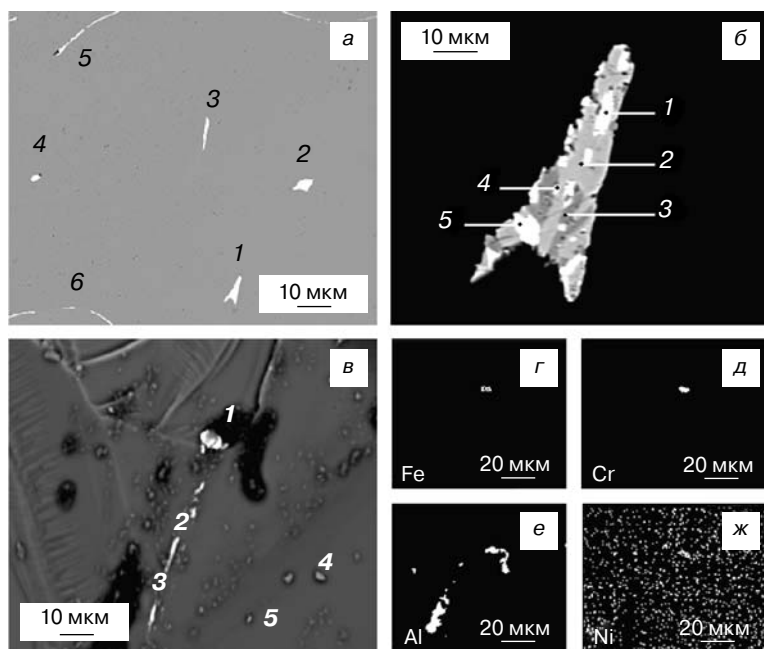


Рис. 4. Изображения поверхности и скола пробы № 8 Крс10 (а, в), микровключения 1 (б) в обратнорассеянных электронах и распределение элементов на поверхности скола в рентгеновских лучах (г—ж): а — полированная поверхность пробы № 8 Крс10 с микровключениями 1—6; б — микровключение 1 ($\times 1000$) с областями 1—5 известного состава; в — поверхность скола пробы № 8 Крс44Н с микровключениями 1—5; г—ж — черно-белое изображение распределений элементов Fe, Cr, Al и Ni на поверхности скола (см. рис. 4, в) в рентгеновских лучах (области с максимальной интенсивностью линий элементов выделены белым цветом)

микровключений, идентичных по составу с микровключениями в металлургическом кремнии; при малых скоростях кристаллизации формируются малокомпонентные микровключения, содержащие не более трех элементов.

На рис. 4 представлены изображения поверхности кристаллов мультикремния Крс10 и Крс44Н, взятых из верхних частей слитков (пробы № 8, см. рис. 1). На полированной поверхности пробы № 8 мультикремния Крс10 наблюдаются крупные микровключения, протяженностью до 50 мкм (микровключение № 2), расположенные как в областях зерен, так и на межзеренных границах (микровключение № 6). Как видно на изображении многокомпонентного микровключения № 1 (рис. 4, а и б) при высоком

увеличении ($\times 1100$), его состав неоднороден. Составы областей, обозначенных на рис. 4, а и б приведены в табл. 4. Основными элементами составов микровключений являются железо, титан, ванадий и алюминий. В случае, если содержание Ti и V в сумме составляют более 70 % в отдельно взятой области микровключения и соотношение этих элементов находится в соотношении 1 : 2, содержание Fe в данной области не превышает 12 %, Al — 5 %. Если же преобладающим элементом состава является железо, точнее, соединения Fe—Ti или Fe—Al, то содержание элемента V в этих областях минимально. Поскольку микровключения неоднородны по своему составу, в табл. 4 приведены данные по нескольким измерениям, сделанным в разных областях микровключений. Из данных по составу микровключений видно, что элементы примесей, присутствующие в металлургическом рафинированном кремнии, формируются в многокомпонентные микровключения неоднородного состава в процессе кристаллизации мультикремния при высоких скоростях роста слитков. Соседние с многокомпонентными микровключениями области максимально очищены от примесей, т. е. на 99,9 % состоят из кремния. В кристаллах мультикремния,

выращенных при более низких скоростях, микровключения имеют меньшие размеры, по сравнению с многокомпонентными, в составе железосодержащих микровключений наблюдаются не более трех элементов, как показано на рис. 4, в—ж. В малокомпонентных микровключениях с Fe присутствуют также Cr или Mn, однако их содержание во включениях не превышает в сумме 5 %. Как видно из рис. 4, в, железосодержащие микровключения в основном располагаются вдоль границ, составляющих тройные стыки зерен. Наиболее крупные микровключения могут достигать нескольких десятков микрометров и сосредоточены, как правило, непосредственно в области тройного стыка. В областях зерен наблюдаются малокомпонентные микровключения, не содержащие

Таблица 4

Составы (в % (масс.)) микровключений и их областей на поверхности мультикремния Крс10

Область	Al	Fe	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Ca	Zn	Zr
a-1(б-1)	8,9	48,5	19,2	1,1	0	2,3	1,2	3,6	0	0	1,1	13,8
a-1(б-2)	13,6	63,3	9	0,5	0	3,6	0,7	5,4	0,7	2,8	0	0
a-1(б-3)	3,7	12,9	25,7	53,1	0,8	0,9	0	2,9	0	0	0	0
a-1(б-4)	4,9	11,9	24,2	53,6	1,4	3,8	0	0	0	0	0	0
a-1(б-5)	4,3	7,6	23,3	55,9	2,6	4	0	0	0	0,7	1,3	0
a-2(1)	4,6	10,1	23,9	52,1	1,8	5,6	0,4	0,7	0,6	0	0	0
a-2(2)	0,1	28,1	3,43	0	2,3	0,3	0	7,9	31,1	26,7	0	0
a-2(3)	7,9	88,4	0,1	0	0,1	2,4	0,4	0	0	0	0,5	0
a-3(1)	45,9	38,6	0	0	0	1,9	3,5	0,6	0	8,6	0,6	0
a-3(2)	17,4	58	14,7	0	0,6	2	1,4	5,8	0	0	0	0
a-4(1)	8,1	84,1	0,9	1	0,9	3,2	0	1,5	0	0	0	0
a-4(2)	5,9	22,7	19,2	44,7	2	4,8	0	0,4	0	0	0	0
a-5(1)	7,9	87,1	0,3	0,4	0,3	3,4	0	0,3	0,4	0	0	0
a-5(2)	3,3	10	27,6	48,8	2,4	5,5	0	1,2	0	0	0,9	0
a-5(3)	4,3	36,4	26,9	12,2	1	2,9	0	2,7	0,1	0	1	12,3
a-6(1)	11,1	58,1	9,8	0,3	0	3,4	0	4,9	0,3	2,7	0,5	8,6
a-6(2)	11,2	60,3	10,1	0,5	0	2,4	0	2,8	0,2	2,1	0,2	9,7
a-6(3)	23,7	60,3	1,7	3,7	0,3	3,5	0,9	2	0	3,6	0	0

Таблица 5

Составы (в % (масс.)) включений на поверхности скола Крс44Н

Область	Al	Fe	Ti	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Si	O
в-1	8,5	48,5	0	0	7,5	0	0	0	0	12,67	22,4
в-2	0	0,3	0	0	0	0	0,3	0,3	0,4	98,4	0
в-3	0	4,4	0,3	0	0,6	0	0	0	0,2	99,4	0
в-4	0	0,4	0	0,1	0,1	0	0	0	0,3	98,8	0
в-5	0	0,1	0,2	0	0,2	0,1	0	0	0	99,3	0

железо, в их состав могут входить элементы Ca, Mg, Al, C и O в количестве не более трех элементов, а Cu, Ti, Fe, Cr и Al могут образовывать одноэлементные микровключения размером до 1 мкм. Элементы Ni, V, Mn, Zr и Co более или менее равномерно распределены по поверхности скола мультикремния. В табл. 5 приведены составы микровключений 1—5, наблюдаемых на поверхности скола пробы № 8 мультикремния Крс44Н (см. рис. 4, в). Размеры микровключений непосредственно зависят от их расположения в структуре мультикремния. Микровключения наименьших размеров располагаются в областях зерен, преобладающим элементом состава которых, определяемым методом РСМА, является кремний (>98,5 %), а элементы Ni, Cu, Zn, Cr и др. не превышают в сумме 1,5 % от общего состава. Такое соотношение кремний—примесь в первую очередь связано с соотношением размеров измерительного зонда и самого микровключения, приблизительно соответствующего 10 : 1. Микровключения, расположенные вблизи границ зерен и на стыках, примерно на 50 % состоят из железа и еще какого-нибудь элемента, ча-

ще всего Cr. Как видно из распределения элементов по поверхности скола (см. рис. 4, в), Al располагается в приграничной области и с микровключением № 1 не связан, т. е. при анализе состава микровключения Al скорее всего попал из соседней области.

Заклучение

Показано, что состав, размеры и концентрация микровключений в объеме слитков могут существенно различаться в зависимости от условий кристаллизации слитков мультикремния. Установлено, что микровключения прежде всего являются следствием концентрационного переохлаждения, возникающего в расплаве вблизи фронта кристаллизации. В результате процесса кристаллизации мультикремния из металлургического кремния при высоких скоростях (1,5 см/ч) состав микровключений близок к составу микровключений металлургического кремния. Об этом свидетельствуют размеры, состав и соотношение элементов в многокомпонентных микровключениях в кристаллах, выращенных

при высоких скоростях. Эти параметры подобны аналогичным характеристикам для микровключений, присутствующих в кристаллах металлургического кремния. Накапливающиеся перед фронтом кристаллизации примеси вытесняются растущими зернами преимущественно на границы зерен и в микротрещины и затвердевают в виде многокомпонентных микровключений крупных размеров (до 100 мкм). Несмотря на высокие концентрации примесей в многокомпонентных микровключениях, соседние с ними области являются максимально чистыми, т. е. на 99,9 % состоят из кремния. В образовании многокомпонентного микровключения принимают участие все элементы примесей (кроме Mg, В и Р), присутствующие в объеме затвердевающего расплава. В процессе исследований выявлено, что плоскости сколов совпадают с границами зерен, содержащих многокомпонентные микровключения, поэтому представляется возможным дополнительная очистка сырья кислотами, растворяющими элементы группы железа. В кристаллах мультикремния, выращенных при более низких скоростях (от 1 см/ч и менее) происходит образование малокомпонентных микровключений размером до 1 мкм, содержащих не более трех элементов. Элементы Fe, Ti, Cu, Cr, Al могут образовывать однокомпонентные или двухкомпонентные наноразмерные (до 100 нм) включения. Микровключения, содержащие железо, также располагаются в тройных стыках границ зерен, однако они значительно уступают по размерам многокомпонентным

микровключениям в кристаллах, выращенных при высоких скоростях. Помимо малокомпонентных микровключений, на поверхности образцов мультикремния наблюдаются фоновые концентрации элементов Ni, Mg, V, Zr, распределение которых на картах является равномерным, что может указывать как на взаимодействие данных элементов с кремнием и распределение атомов элементов в междоузлия, так и на образование ими нанопреципитатов, с концентрацией элементов, недостаточной для чувствительности метода РСМА.

Библиографический список

1. **Непомнящих, А. И.** Мультикристаллический кремний для солнечной энергетики / А. И. Непомнящих, В. П. Еремин, Б. А. Красин, И. Е. Васильева, И. А. Елисеев, А. В. Золотайко, С. И. Попов, В. В. Синицкий // Изв. вузов. Материалы электрон. техники. – 2002. – Т. 4. – С. 16–24.
2. **Непомнящих, А. И.** Особенности роста мультикристаллического кремния из металлургического кремния высокой чистоты / А. И. Непомнящих, Р. В. Пресняков, И. А. Елисеев, Ю. В. Сокольникова // Письма в ЖТФ. – 2011. – Т. 37, вып. 15. – С. 103.
3. **Непомнящих, А. И.** Способ получения кремния высокой чистоты / А. И. Непомнящих, Б. А. Красин, В. С. Романов, В. П. Еремин, С. С. Коляго, И. А. Елисеев // Пат. РФ № 2131843. Приоритет от 30.03.98; Опубликовано Бюлл. №17 от 20.06.99.
4. **Васильева, И. Е.** Комплекс методов определения примесей в мультикремнии и продуктах его производства / И. Е. Васильева, Е. В. Шабанова, Ю. В. Сокольникова, О. А. Пройдакова, А. И. Непомнящих, И. Л. Васильев, А. Л. Финкельштейн // Аналитика и контроль. – 2001. – Т. 5, № 1. – С. 24–34.
5. **Павлова, Л. А.** Исследование мультикристаллов кремния методами электронной микроскопии и электронно-зондового микроанализа / Л. А. Павлова, А. И. Непомнящих, С. М. Пещерова // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2011. – № 10. – С. 37–41.

Премия имени М. Г. Мильвидского

На IX Международной конференция «Кремний–2012» прошедшей с 9 по 13 июля 2012 г. в г. Санкт–Петербург была учреждена премия в память о профессоре, докторе технических наук, лауреате Ленинской и Государственной (дважды) премий СССР, заслуженном деятеле науки РФ, почетном металлурге РФ **Михаиле Григорьевиче Мильвидском**.

Критериями для выбора лауреатов служили оригинальность и уровень исследования, а также качество представления результатов. Были присуждены 3 премии имени М. Г. Мильвидского следующим молодым исследователям за их существенный вклад в конференцию «Кремний–2012»:

- **Бондаренко Антону Сергеевичу** с докладом «Электронные уровни и люминесценция дислокационных сеток, полученных гидрофильным сращиванием пластин кремния» (НИИ физики им. В. А. Фока Санкт–Петербургского государственного университета, Санкт–Петербург, Россия);
- **Садовскому Павлу Кирилловичу** с докладом «Формирование геттерирующих слоев в кремнии имплантацией ионов сурьмы» (Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь);
- **Белик Татьяне Юрьевне** с докладом «Особенности пористого кремния, полученного химическим травлением» (Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев, Украина).

О премии

Михаил Григорьевич Мильвидский хорошо известен в России и за рубежом как выдающийся специалист в области полупроводникового материаловедения. В частности, он внес существенный вклад в решение проблемы разработки технологии и организации промышленного производства кремния в нашей стране, что было отмечено присуждением Ленинской премии в 1964 г.

Михаил Григорьевич всегда активно привлекал и помогал молодым исследователям в их работе, заражал их оптимизмом, верой в свои силы и стремлением глубокого изучения предмета. Он подготовил много докторов и кандидатов наук и создал признанную в мире школу материаловедов. Михаил Григорьевич был одним из основателей конференции «Кремний» еще в Советском Союзе.