

ROLE OF HYDROGEN IN IMPROVEMENT THERMAL STABILITY OF SEMI-CONDUCTOR SILICON

Kutsova V.Z.*, Nosko O.A.

National metallurgical academy of Ukraine, avenue Gagarin, 4, c. Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine

The hydrogen concerns to number of elements being inevitable impurity in silicon [1]. The limiting solubility of hydrogen in semi-conductor silicon makes 0,03 at. % [2]. The hydrogen can be in a lattice of silicon as molecules H₂ and is partially connected to available there oxygen [3]. The presence of oxygen stabilizes fastdiffusing atoms of hydrogen in intermodes lengthways < 111 > [3]. The role of hydrogen in formation of electrophysical properties of semi-conductor silicon till now is not found out. As shown in works [4-6], the improvement thermal stability of silicon (preservation of high electrophysical properties of silicon at the increased temperatures) is connected to a correct choice alloys, which additives raising durability of internuclear communications of

atoms of silicon and overwhelming phase transformations. The phase transformations result, in turn, to formation in a matrix of semi-conductor silicon metallized close-packed phases [6] and defects of a various type [7].

Choice alloying elements improving thermal stability of silicon expedient to carry out using metallochemistry principles complex alloying on the basis of system non-polarized ions of radiuses, non-polarized [8, 9]. As follows from the accounts which have been carried out by the authors [4-6], the hydrogen in a lattice of silicon plays a role of an element essentially lowering energy of communication and facilitating formation of phases « of high pressure » at heating of semi-conductor silicon (fig.1).

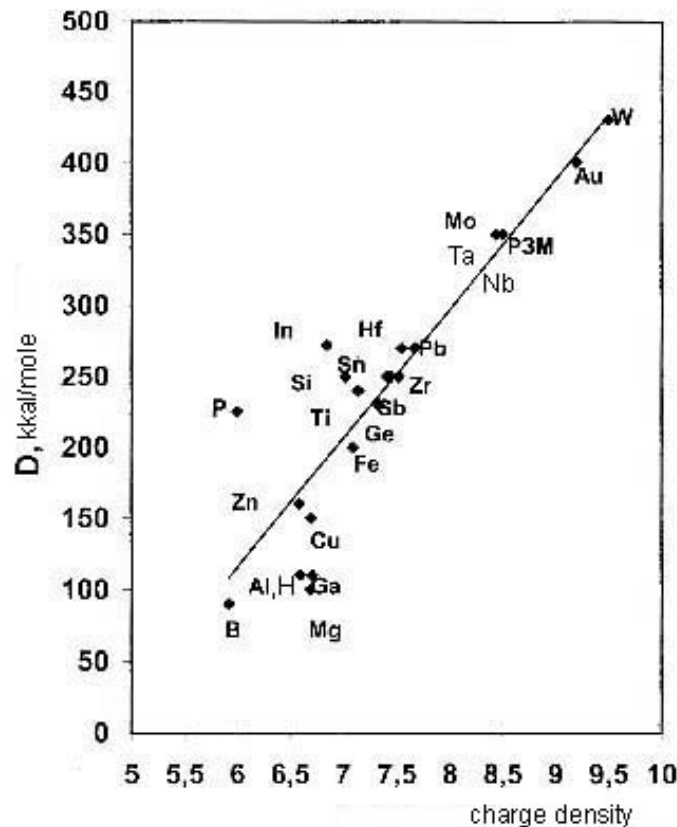


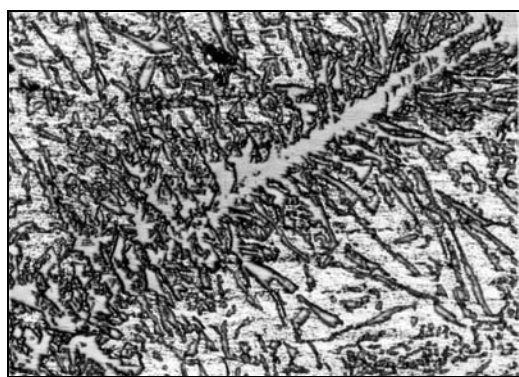
Fig.1 - Interrelation between energy of communication and charging density for internuclear distance, corresponding to a crystal lattice of silicon

* Tel. 8-0562-47-42-49, E-mail: root@lks.dp.ua

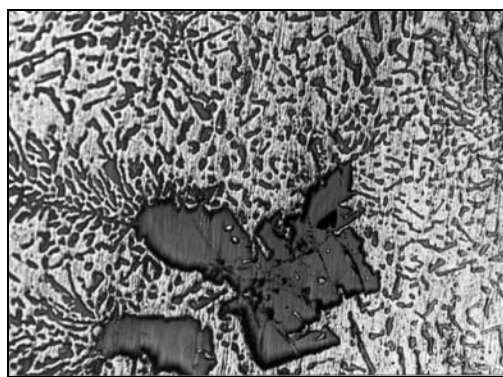
For grading of harmful influence of hydrogen and preservation high thermal stability of silicon it is necessary to alloy monocrystals of Nb, Ta [4-5], by elements strengthening a lattice of silicon and braking of phase transformation [6].

In foundry alloys of system Al-Si the hydrogen also is an inevitable impurity essentially influencing structure and property. By the authors [10] is shown, that fusion and crystallization eutectic silumin Al+18% Si, modified Sr an atmosphere of hydrogen at superfluous pressure 1 and 10 at. (the fig. 2, a and б) results in an essential branching of superfluous crystals β -Si of a firm solution, that

provides increased durable of details from this alloy. At the same time fusion and crystallization previously vacuumization of a double alloy Al+18% Si, in an atmosphere of hydrogen, results in formation of superfluous crystals β -Si firm solution with is abnormal by high microhardness (in 3 times above, than at semi-conductor silicon). Such change of structure and properties of superfluous crystals β -Si of a firm solution testifies about essential metallization of high-temperature silicon phases and to an opportunity of their stabilization at room temperature.



a



b

Fig.2 - Influence of hydrogen on microstructure of an alloy Al+18%Si+0.1%Sr, a - pressure H₂ 1 at.; b - pressure H₂ 10 at, x200

References

1. Красюк Б.А., Грибов А.И. Полупроводники – германий и кремний. – М.: Металлуриздат, 1961. – 270 с.
2. Емцев В.В., Машовец Т.В. Примеси и точечные дефекты в полупроводниках. – М.: Радио и связь, 1981. – 248 с.
3. Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. - Ленинград: Наука, 1972. – 383 с.
4. В.М. Глазов, Г.Г. Тимошина, М.С. Михайлова. Принципы легирования кремния для повышения его термостабильности. – Доклады Академии Наук, 1996, том 347, №3, с. 352-355.
5. В.М. Глазов, А.Я. Потемкин, М.С. Михайлова. Подход к образованию возможности повышения термостабильности кремния путем его легирования. Известия ВУЗов. Цветная металлургия, 1997, №6, с. 67-70.

6. Таран Ю.Н., Куцова В.З., Носко О.А. Влияние легирующих элементов на структуру, фазовый состав и свойства полупроводникового кремния. Харьковская научная ассамблея, ISPM-9. Высокочистые металлические и полупроводниковые материалы. Харьков, 2003. – с. 84-92.
7. Глазов В.М., Земсков В.С. Физико-химические основы легирования полупроводников. М.: Наука, 1967. 372 с.
8. Приходько Э.С. Металлургия комплексного легирования. М.: Металлургия, 1983. 184 с.
9. Приходько Э.С. Система неполяризованных ионных радиусов и ее использование для анализа строения и свойств веществ. Киев: Наук. Думка, 1973. 63 с.
10. Ю.Н. Таран, В.З. Куцова. Фазовые переходы в сплавах Al-Si. Современные проблемы металлургии. Вып. 1, 1999, с. 223-245.

РОЛЬ ВОДОРОДА В УЛУЧШЕНИИ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО КРЕМНИЯ, СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОРШНЕВЫХ СИЛУМИНОВ

Куцова В.З.^{*}, Носко О.А.

Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, г. Днепропетровск, 49005, Украина

Водород относится к числу элементов, являющихся неизбежными примесями в кремнии [1]. Предельная растворимость водорода в полупроводниковом кремнии составляет 0,03 ат.% [2]. Водород может находиться в решетке кремния в виде молекул H_2 и частично связан с имеющимся там кислородом [3]. Присутствие кислорода стабилизирует быстродиффундирующие атомы водорода в междоузлиях вдоль $\langle 111 \rangle$ [3]. Роль водорода в формировании электрофизических свойств полупроводникового кремния до настоящего времени не выяснена. Как показано в работах [4-6], улучшение термостабильности кремния (сохранение высоких электрофизических свойств при повышенных температурах) связано с правильным выбором легирующих добавок, повышающих прочность межатомных связей атомов кремния и

подавляющих фазовые превращения. Фазовые превращения приводят, в свою очередь, к образованию в матрице полупроводникового кремния металлизированных плотноупакованных фаз [6] и дефектов различного типа [7].

Выбор легирующих элементов, улучшающих термостабильность кремния, целесообразно проводить используя принципы металлохимии комплексного легирования на основе системы неполяризованных ионных радиусов [8, 9]. Как следует из расчетов, проведенных авторами [4-6], водород в решетке кремния играет роль элемента, существенно снижающего энергию связи и облегчающего образование фаз «высокого давления» при нагреве полупроводникового кремния (рис. 1).

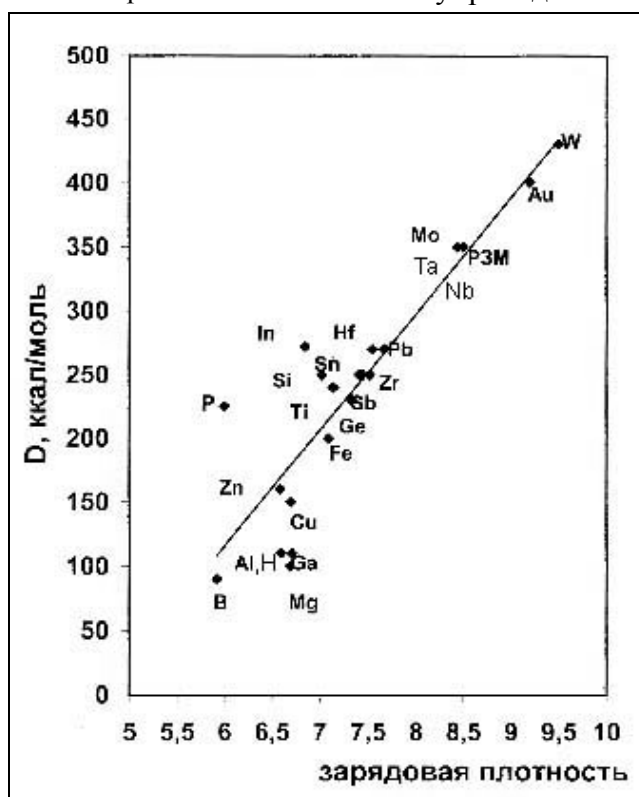


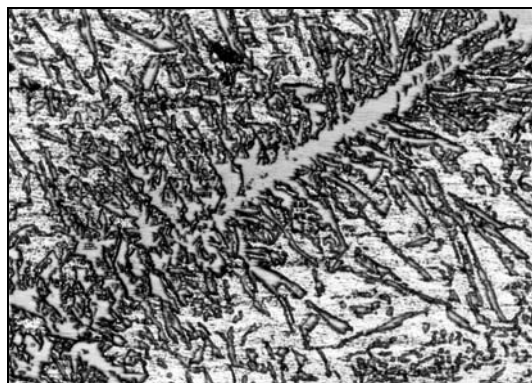
Рисунок 1 – Взаимосвязь между энергией связи и зарядовой плотности для межатомного расстояния, соответствующего кристаллической решетке кремния

* Тел. 8-0562-47-42-49, E-mail: root@lks.dp.ua

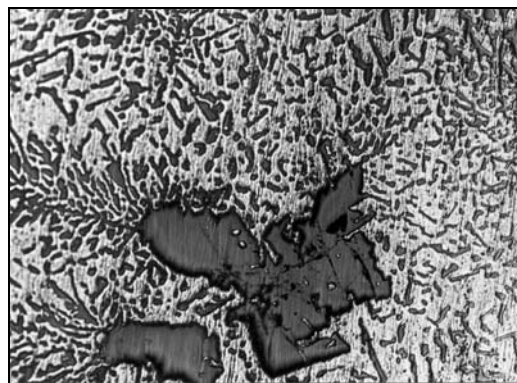
Для предотвращения развития фазовых превращений, вызванных присутствием водорода и сохранения высокой термостабильности необходимо легировать монокристаллы кремния Nb, Ta [4-5], т.е. элементами, укрепляющими решетку кремния и тормозящими фазовые превращения [6].

В литейных сплавах системы Al-Si водород также является неизбежной примесью, существенно влияющей на структуру и свойства. Авторами [10] показано, что плавка и кристаллизация эвтектического силумина Al+18% Si, модифицированного стронцием в атмосфере водорода при избыточном давлении 1 и 10 атм (рис. 2, а, б) приводит к существенному разветвлению избыточных

кристаллов β -Si твердого раствора, что обеспечивает повышенную износостойкость деталей из этого сплава. В то же время плавка и кристаллизация предварительно вакуумированного двойного сплава Al+18% Si, в атмосфере водорода, приводит к формированию избыточных кристаллов β -Si твердого раствора с аномально высокой микротвердостью (в 3 раза выше, чем у полупроводникового кремния). Такое изменение структуры и свойств избыточных кристаллов β -Si твердого раствора свидетельствует о существенной металлизации высокотемпературных кремниевых фаз и о возможности их стабилизации при комнатной температуре.



а



б

Рисунок 2 – Влияние водорода на микроструктуру сплава Al+18%Si+0.1%Sr, а – давление H₂ 1 атм; б – давление H₂ 10 атм

Литература

1. Красюк Б.А., Грибов А.И. Полупроводники – германий и кремний. – М.: Металлургия, 1961. – 270 с.
2. Емцев В.В., Машовец Т.В. Примеси и точечные дефекты в полупроводниках. – М.: Радио и связь, 1981. – 248 с.
3. Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. - Ленинград: Наука, 1972. – 383 с.
4. В.М. Глазов, Г.Г. Тимошина, М.С. Михайлова. Принципы легирования кремния для повышения его термостабильности. – Доклады Академии Наук, 1996, том 347, №3, с. 352-355.
5. В.М. Глазов, А.Я. Потемкин, М.С. Михайлова. Подход к образованию возможности повышения термостабильности кремния путем его легирования. Известия ВУЗов. Цветная металлургия, 1997, №6, с. 67-70.

6. Таран Ю.Н., Куцова В.З., Носко О.А. Влияние легирующих элементов на структуру, фазовый состав и свойства полупроводникового кремния. Харьковская научная ассамблея, ISPM-9. Высокочистые металлические и полупроводниковые материалы. Харьков, 2003. – с. 84-92.
7. Глазов В.М., Земсков В.С. Физико-химические основы легирования полупроводников. М.: Наука, 1967. 372 с.
8. Приходько Э.С. Металлургия комплексного легирования. М.: Металлургия, 1983. 184 с.
9. Приходько Э.С. Система неполяризованных ионных радиусов и ее использование для анализа строения и свойств веществ. Киев: Наук. Думка, 1973. 63 с.
10. Ю.Н. Таран, В.З. Куцова. Фазовые переходы в сплавах Al-Si. Современные проблемы металлургии. Вып. 1, 1999, с. 223-245.