

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ
СОЛНЕЧНОГО КАЧЕСТВА И СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ
СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.
ПРОЕКТ № 156**

Координатор: д-р физ.-мат. наук Непомнящих А. И.
Исполнители: ИГХ, ИФП, ИТ, БНЦ СО РАН

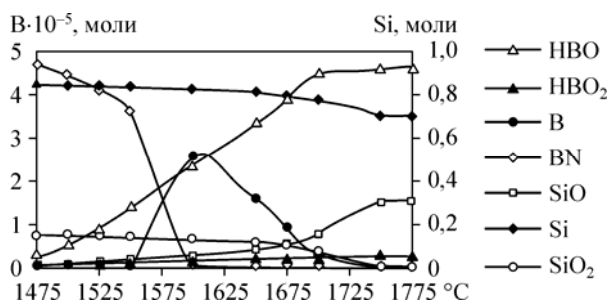


Рис. 1. Зависимость концентрации соединений бора и кремния от температуры.

Fig. 1. Dependence of boron quantity in Si melt on temperature.

На основе физико-химического моделирования определены основные параметры процесса рафинирования для максимального удаления бора и ряда других примесей из расплава кремния. На рис. 1 приведены оптимальные условия рафинирования расплава кремния в ковше для системы Si — 1 моль; B — 0,00005 моль (50 ppm); H₂O — 0,1 моля; воздух — 0,5 моля

(соединения в газовой фазе обозначены треугольниками, в расплаве — кружками).

Закончены работы по созданию физико-химических основ принципиально новой технологии прямого получения мультикремния солнечного сорта из рафинированного металлургического кремния, извлеченного из высококочистых кварцитов Восточной Сибири.

Среди структур кремниевых солнечных элементов (СЭ), разрабатываемых в лабораториях мира, интерес представляют пленочные элементы из монокристаллического кремния на дешевой подложке. Предложено выращивание слоя эпитаксиального кремния на подложке из мультикремния с верхним пористым слоем. Увеличение эффективности СЭ ожидается от использования двойного пористого слоя. Нижний высокопористый слой служит барьером для примесей из дешевой подложки, а верхний слой с низкой пористостью (~20 %) выполняет функцию затравочного для эпитаксии.

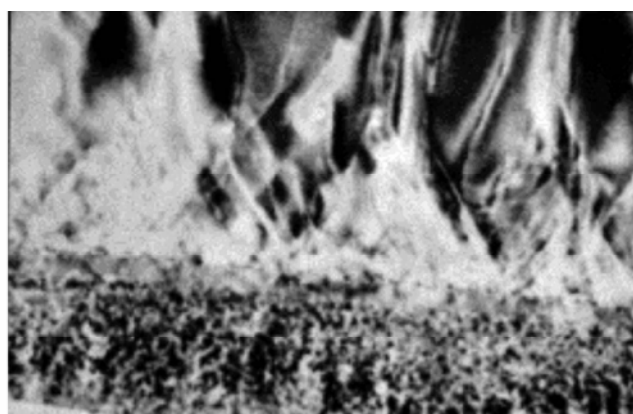
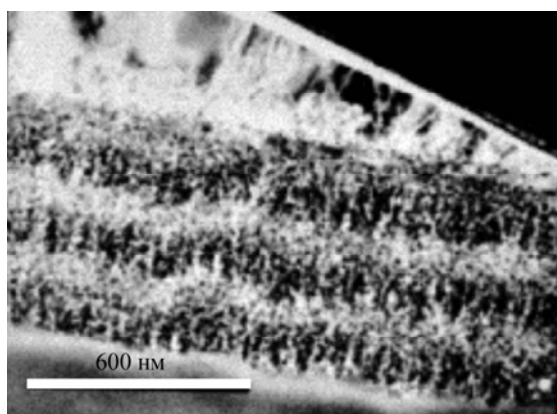


Рис. 2. Снимок поперечного среза пленки эпитаксиального кремния.

Fig. 2. Photo of transverse section of epitaxial silicon film.

Поскольку требуются толстые слои (10 мкм), то нужен метод, обеспечивающий высокие скорости роста при относительно низких температурах, когда не происходит спекание пористых слоев ($T < 650$ °С). Создан и развивается метод газоструйного плазмохимического осаждения с электронно-лучевой активацией, применимость которого для роста толстых эпитаксиальных слоев кремния успешно продемонстрирована в данной работе.

Слои с чередующейся пористостью получали электрохимическим травлением. На рис. 2 представлены полученные в высокоразрешающем электронном микроскопе снимки поперечных срезов эпитаксиальных слоев, выращенных на кремнии с верхними пористыми слоями. Хорошо видно, что в процессе роста кремния сохраняется сформированная травлением пористая структура (суммарной толщиной около 600 нм).

Основные публикации

1. *Nepomnyaschikh A. I., Zolotaiko A. V., Krasin B. A., Eliseev I. A.* Direct production of multicrystalline solar silicon from high purity metallurgical silicon// *Silicon for Chemical Industry*. VII. Trondheim, 2004. P. 299—306.
2. *Гайслер С. В., Семенова О. И., Шарафутдинов Р. Г., Колесов Б. А.* Анализ рамановских спектров аморфно-нанокристаллических пленок кремния// *Физика твердого тела*. 2004. Т. 46. С. 1484—1488.
3. *Nepomnyaschikh A. I., Zolotaiko A. V., Eliseev I. A., Dubovikov N. I., Nepomnyaschikh A. A.* New technology of refining of metallurgical silicon// *Silicon for Chemical Industry*. VII. Trondheim, 2004. P. 79—89.
4. *Красин Б. А., Непомнящих А. И., Токарев А. С. и др.* Структура и электрофизические свойства мультикристаллического кремния// *Изв. вузов. Материалы электронной техники*. 2005. № 1. С. 28—34.
5. *Шабанова Е. В., Васильева И. Е., Васильев И. Л., Непомнящих А. И.* Модели градуировки и оценка их применимости в многоэлементном атомно-эмиссионном анализе твердых образцов// *Заводская лаборатория*. 2005. Т. 71, № 2. С. 9—15.
6. *Sharafutdinov R., Khmel S., Shchukin V. et al.* The gas-jet electron beam plasma chemical vapor deposition method for solar cell application// *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 2005. V. 89. P. 99—111.