

Оценка возможности очистки технического кремния методом химического транспорта с сульфидом цинка

© Удоева⁺ Людмила Юрьевна и Чумарев* Владимир Михайлович

Лаборатория пирометаллургии цветных металлов. Институт металлургии УрО РАН.

ул. Амундсена, 101. г. Екатеринбург, 620016. Свердловская область. Россия.

Тел.: (343) 232-90-18. E-mail: lyuid@yandex.ru

*Ведущий направление; ⁺Поддерживающий переписку

Ключевые слова: газотранспортная реакция, сульфиды кремния, термодинамический анализ, коэффициенты разделения.

Аннотация

Востребованность возобновляемых источников энергии, в том числе солнечной, возрастает с каждым годом, стимулируя исследователей к разработке инновационных технологических решений по получению материала для фотоэлектрических модулей – солнечного кремния. В статье рассмотрен новый процесс газотранспортного переноса кремния в виде сульфидных соединений, который может послужить основой безгалогенной технологии получения кремния высокой чистоты для фотоэлектрических батарей. Учитывая известные свойства ди- и моносulfида кремния, предложено использовать в качестве реагента-переносчика сульфид цинка, присутствие которого в системе Si – ZnS обеспечивает сначала сульфидизацию кремния с образованием газообразных продуктов Zn(g) и SiS(g), а затем восстановление моносulfида до элементного кремния. Методом термодинамического моделирования взаимодействий в системе Si – ZnS в интервале температур 500-1500 °C обоснована возможность химической газотранспортной реакции кремния с сульфидом цинка при температуре выше 1000 °C и отношении Si/ZnS равном 1. На основании полученных равновесных моделей взаимодействия сульфида цинка с техническим кремнием марки Кр 2 рассчитаны коэффициенты разделения (α) кремния с элементов-примесей, влияющих на электрофизические свойства кремния, в частности, уменьшающих время жизни избыточных носителей заряда. Оценена селективность данной транспортной реакции и перспективы ее использования для рафинирования металлургического кремния. Показано, что применение реакции переноса кремния сульфидом цинка, например, при 1100 °C, может обеспечить глубокую очистку кремния от Fe, Ca, Ti, V, Cr, Mn и Cu ($\alpha \sim 10^8-10^{12}$), а также Mg и Al ($\alpha \sim 10^4-10^6$). Процесс менее эффективен для удаления P и B ($\alpha \sim 10^2$) и неприменим для щелочных металлов во всем исследованном температурном интервале. Теоретически возможность разделения повышается с понижением температуры реакции, но для полного превращения кремния в SiS(g) необходима достаточная концентрация серы в газовой фазе, образующейся за счет термической диссоциации ZnS выше 1050-1100 °C.