

**Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки**

**ИНСТИТУТ
ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ
им. В.С. Соболева
Сибирского отделения
Российской академии наук
(ИГМ СО РАН)**

Пр-т. Академика Коптюга, д. 3, г. Новосибирск, 630090
Телефоны: +7 (383) 333-26-00; +7 (383) 373-03-28
Факсы: +7 (383) 333-27-92; +7 (383) 373-05-61
E-mail: director@igm.nsc.ru

Отзыв научного руководителя на диссертационную работу Бахадура Аскара

Солнечная энергия является не загрязняющей воздух и воду альтернативой электричеству, получаемому путем сжигания органического топлива. В среднем по всей поверхности нашей планеты, каждый квадратный метр получает ~4.2 кВт·ч энергии ежедневно, что приблизительно эквивалентно почти баррелю нефти в год. Большинство установленных на данный момент фотовольтаических систем состоят из солнечных элементов на основе кристаллического кремния. Однако, существует много других фотовольтаических технологий, базирующихся на сложных халькогенидных материалах типа $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ (CIGS), $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S,Se})_4$ (CZTSSe) и $\text{Cu}_2(\text{Sn,Ge})\text{S}_3$ (CTGS). Все эти материалы входят в состав тонкопленочных солнечных элементов, которые могут быть в ~100 раз тоньше стандартных кремниевых с сохранением возможности эффективного поглощения солнечного света за счет более высокого коэффициента поглощения. Материалы поглотителя на основе CZTS(Se) привлекают особое внимание в последние годы, так как в их состав входят только широко распространённые в земной коре элементы. Недавно фирма IBM сообщила о создании солнечного элемента на основе CZTSSe с эффективностью 12.6%.

Несмотря на удовлетворительные значения уже достигнутых значений эффективности, целью многочисленных исследовательских групп является приближение к теоретическому максимуму батарей на основе кестерита ~33%. К данному моменту стало очевидно, что ключевую роль в его эффективности в солнечных элементах играют стехиометрия и фазовая однородность материала.

Выбор темы представленной квалификационной работы А. Бахадура обусловлен интересом исследователей к дальнейшей оптимизации технологии получения соединений семейства кастеритов. Одно из преимуществ подготовленной работы – тщательный

литературный обзор, который позволил сформулировать актуальные цели и задачи исследования, выполнение которых действительно вносит вклад в развитие технологии получения этого важного класса соединений.

Среди наиболее значимых научных и практических результатов, полученных при выполнении работы, можно выделить следующие: 1. Предложены новые растворители – эвтектика системы KI-KCl, а также система на основе SnCl₂, изотермическая перекристаллизация в которых обеспечивает получения кестерита без примеси паразитных фаз. 2. Верифицированы подходы по контролю стехиометрии кестерита за счет добавки элементарных металлов на второй стадии перекристаллизации. 3. Разработана и показана принципиальная работоспособность, действительно, нового метода получения твердых растворов CZT(S,Se) за счет безвакуумного отжига CZTSe в атмосфере паров серы.

Бахадур А. продемонстрировала высокую методологическую компетентность в построении и обосновании проведенных экспериментов. Для достижения цели исследования он использовал комплекс взаимодополняющих аналитических методов исследования, который позволил сделать адекватные выводы. Подготовленный научно-исследовательский труд соискателя имеет как теоретическую, так и практическую ценность. По моему мнению, она полностью отвечает требованиям к такого типа работам и заслуживает присуждения степени PhD по специальности 6D072000 – Химическая технология неорганических соединений.



15.11.2021.

К.Г.-М.Н.

старший научный сотрудник лаборатории роста кристаллов
Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск
Кох Константин Александрович