

**ФАЗООБРАЗОВАНИЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ  
В СИСТЕМЕ W-Se-Cr(Fe)**

*Кияткова В.М., Шерокалова Е.М.*  
Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Объемный  $WSe_2$  – это полупроводник с непрямой запрещенной зоной (1,2 эВ), отличающийся высоким коэффициентом поглощения и фотостабильностью. Данный полупроводниковый материал обладает непрямой запрещенной зоной и может быть легирован как донорными (n-тип), так и акцепторными (p-тип) примесями. Благодаря своим свойствам диселенид вольфрама является перспективным материалом для применения в области фотоники, оптоэлектроники, электрохимии. Одними из методов изменения свойств данного соединения являются интеркаляция и замещение. В литературе имеется значительное количество работ, посвященных успешному замещению как по катионной ( $M_xW_{1-x}Se_2$ ;  $M = Nb, Mo$ ), так и по анионной подрешеткам ( $W(Ch_xSe_{(1-x)})_2$ ;  $Ch = S, Te$ ) диселенида вольфрама. Представлены результаты теоретических расчётов кристаллографических параметров и магнитных свойств соединений  $M_xWSe_2$  ( $M$  – переходный металл группы железа) [1-2]. В частности, предсказано существование устойчивых соединений  $Cr_{0.25}WSe_2$  и  $Fe_{0.25}WSe_2$  с температурой Кюри 225 К и Нееля 337 К соответственно. Экспериментальные подтверждения возможности интеркаляции диселенида вольфрама на сегодняшний день отсутствуют.

В данной работе из чистых элементов W, Se, Cr, Fe методом твердофазных реакций в вакууме проведён синтез материалов  $Cr_{0.25}WSe_2$  и  $Fe_{0.25}WSe_2$ . Результаты рентгенофазового анализа показали, что оба материала содержат фазы  $WSe_2$  и W, а также  $Cr_{0.68}Se$  (в образце  $Cr_{0.25}WSe_2$ ) и  $FeSe$  ( $Fe_{0.25}WSe_2$ ). Следовательно, мы не получили интеркалатных материалов, но так как кристаллографические параметры полученных фаз практически не отличаются от значений в чистых соединениях, то полученные материалы можно рассматривать как композиты. Проведены измерения температурных зависимостей электросопротивления, а также магнитных характеристик. Установлено, что оба образца имеют магнитные фазовые переходы:  $T \sim 90$  К для образца с добавлением хрома,  $T \sim 115$  К для образца с добавлением железа. Температурные зависимости электросопротивления существенно различаются: температурный коэффициент сопротивления положителен для  $Fe_{0.25}WSe_2$  и отрицателен (как и для  $WSe_2$ ) для  $Cr_{0.25}WSe_2$ . На зависимости  $\rho(T)$  железосодержащего композита наблюдается переход в сверхпроводящее состояние при  $T_{sc} \sim 10$  К, вероятно благодаря входящей в его состав фазе на основе  $FeSe$ , имеющей  $T_{sc} \sim 8$  К.

1. Kumar P., Skomski R., Pushpa R. Magnetically Ordered Transition-Metal-Intercalated  $WSe_2$  // ACS Omega. 2017. Vol. 2, P. 7985-7990
2. Reyntjens P.D. et al. Magnetic properties and critical behavior of magnetically intercalated  $WSe_2$ : a theoretical study // 2D Mater. 2021. Vol. 8, P. 025009