

Эпитаксиальные пленки твердых растворов на основе оксида цинка

Бурова Л.И., Самойленков С.В., Горбенко О.Ю., Кауль А.Р.

аспирант

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Факультет Наук о  
Материалах, Москва, Россия

[burova@inorg.chem.msu.ru](mailto:burova@inorg.chem.msu.ru)

Оксид цинка ZnO - прозрачный проводящий оксид ( $E_g = 3.37$  эВ), тонкие пленки которого находят все возрастающее применение в технологии лазеров и светодиодов, оптоэлектронике, устройствах на поверхностно-акустических волнах, спинтронике. Для увеличения электронной проводимости ZnO используют его допирование трехвалентными катионами ( $Ga^{3+}$ ,  $In^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ). Недавние сообщения о проявлении ферромагнетизма при комнатной температуре в ZnO, легированном ионами переходных металлов (Mn, Co, Cr), вызвали новый всплеск интереса к этому материалу.

Следует отметить, что в объемном состоянии растворимость оксидов металлов в ZnO мала – так, предел растворимости  $Ga_2O_3$  в ZnO не превышает 1 мол. %. Эпитаксиальная стабилизация – эффективный способ расширения области существования твердых растворов в тонкопленочном состоянии. В настоящей работе метод эпитаксиальной стабилизации применен для увеличения предела растворимости оксидов  $Ga_2O_3$  и CoO в тонких пленках ZnO, выращенных методом MOCVD на монокристаллических подложках.

Тонкие пленки допированного ZnO получали методом MOCVD. Впервые для получения тонких пленок твердых растворов (Zn,Co)O предложено использовать разновидность метода MOCVD с использованием паров  $H_2O$  в качестве гидролизующего агента. Все полученные пленки имеют структуру вюрцита ZnO и характеризуются высоким эпитаксиальным качеством. По данным рентгенофазового анализа, выделения примесных фаз не наблюдается. Показано, что при использовании в процессе осаждения водяного пара удается значительно снизить температуру осаждения пленок – с 600 до 300 °C с сохранением высокого качества эпитаксии.

Показано значительное увеличение (по сравнению с объемным материалом) растворимости  $Ga_2O_3$  в тонких пленках ZnO (до 9 ат. % Ga/(Ga+Zn)) вследствие эпитаксиальной стабилизации на когерентной (111)  $ZrO_2(Y_2O_3)$  подложке. При увеличении содержания Ga в пленках  $Zn_{1-x}Ga_xO_{1+x/2}$  их проводимость  $\sigma$  при 300 K растет с  $0.2 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$  ( $x = 0$ ) до  $5 \text{ Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$  ( $x = 0.09$ ), в области температур 300-500 K наблюдается систематическое уменьшение энергии активации с 97 до 18 мэВ.

Синтезированные твердые растворы  $Zn_{1-x}Co_xO$  на подложках c- $Al_2O_3$  содержат до  $x = 0.33$  кобальта, что значительно превышает растворимость Co в объемном ZnO (до ~ 15 ат. % Co). Магнитные свойства пленок были исследованы на SQUID-магнетометре в диапазоне 0 – 5 Тл и интервале температур от 5 до 300 K. Показано, что все полученные составы  $Zn_{1-x}Co_xO$ ,  $x \leq 0.33$ , синтезированные с использованием водяного пара, проявляют ферромагнитное поведение при комнатной температуре, тогда как в образцах, синтезированных в токе кислорода, ферромагнетизм отсутствует. В работе изучается влияние условий синтеза ( $p(O_2)$ , T) на магнитные свойства получаемых твердых растворов.