

Отзыв научного руководителя на диссертацию А.А. Мололкина «Исследование сегнетоэлектрических кристаллов сложных растворов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$: выращивание, структурные, физические и акустические свойства», представленную на соискание степени кандидата физико-математических наук

Молокин Анатолий Анатольевич работает в лаборатории Рентгеновской акустооптики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем технологии микроэлектроники и особочистых материалов Российской академии наук на протяжении последних двух лет. До этого он защитил квалификационные работы бакалавра и магистра, окончил Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» и к настоящему времени стал самостоятельным научным сотрудником, способным ставить и решать научные задачи. Анатолий Анатольевич приобрел большой опыт в проведении экспериментальных исследований в области роста и обработки кристаллов, в исследовании их структурных и физических свойств, в частности, в развитии методов монокристаллизации сегнетоэлектрических кристаллов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$ и рентгеновских методов диагностики для исследования структурного совершенства реальных кристаллов, исследовании их акустических свойств, в обработке экспериментальных данных, в выполнении необходимых теоретических расчетов.

Главным направлением исследований А.А. Мололкина в ходе выполнения диссертационной работы являлось исследование новых перспективных для акустоэлектроники, акустооптики и оптоэлектроники сегнетоэлектрических кристаллов сложных растворов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$.

В первой части работы решены задачи синтеза и монокристаллизации сегнетоэлектрических кристаллов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$: определены оптимальные скорости вращения и скорости вытягивания кристаллов в зависимости от состава кристаллов; впервые построена фазовая диаграмма состояний

системы $\text{LiNbO}_3\text{-LiTaO}_3$; измерены температуры Кюри выращенных кристаллов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$, построена зависимость температуры Кюри от состава кристаллов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$; определены оптимальные условия процесса монодоменизации кристаллов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$.

Во второй части работы представлены результаты исследования структурного совершенства выращенных кристаллов $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$. Измерены параметры элементарной кристаллической ячейки a и c . Установлено, что параметры a и c изменяются линейно от изменения состава кристаллов, но в противоположных направлениях. Увеличение содержания Ta в кристаллах приводит к увеличению параметра a при уменьшении параметра c . Структурное совершенство кристаллов было исследовано методами рентгеновской дифрактометрии и топографии. Метод рентгеновской топографии продемонстрировал наличие искажений кристаллической решётки из-за неравномерного распределения Ta и Nb по всему объёму кристалла. Методом рентгеновской дифрактометрии измерена кривая качания выращенного кристалла $\text{LiNb}_{(1-x)}\text{Ta}_x\text{O}_3$, которая составила $FWHM = 0,0020^\circ$ при расчетном значении $0,0015^\circ$, что свидетельствует о хорошем совершенстве кристаллической структуры. Методом рентгеновского флуоресцентного анализа исследовано распределение Nb и Ta в кристалле. Показано, что распределение искажения кристаллической решётки из-за неравномерного распределения Ta и Nb по сечению кристалла повторяет профиль фронта кристаллизации.

В третьей заключительной части работы исследован процесс распространения поверхностных акустических свойств в выращенном кристалле $\text{LiNb}_{0,88}\text{Ta}_{0,12}\text{O}_3$ и слоистых структурах LiNbO_3/Si . Измерена скорость поверхностных акустических волн в YZ-срезе кристалла $\text{LiNb}_{0,88}\text{Ta}_{0,12}\text{O}_3$, которая составила $V = 3440$ м/с. Исследован процесс распространения поверхностных и псевдоповерхностных акустических волн в слоистой структуре 41° YX-срез кристалла $\text{LiNbO}_3/\text{Si}(100)$. Показано, что в слоистой структуре скорости поверхностных акустических волн существенно

превышают скорости поверхностных акустических волн в объемных кристаллах.

Квалификация А. А. Мололкина подтверждается уровнем его научных работ: 4 публикации по теме диссертации в ведущих мировых и российских журналах. За время работы А. А. Мололкин проявил себя как активный, работоспособный исследователь, способный самостоятельно ставить и решать задачи. Уровень его научной работы отвечает все требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам А. А. Мололкин, несомненно, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

30.08.2021 г.

Д-р. физ.-мат. наук

Д.В. Рощупкин

Подпись Д.В. Рощупкина заверяю

Ученый секретарь ИИТМ РАН

Кан. физ.-мат. наук



О.В. Феклисова