

08;12

Исследование коэффициента электромеханической связи акустических волн в тонких пластинах ниобата калия

© С.Г. Джоши, Б.Д. Зайцев, И.Е. Кузнецова, И.А. Бородина

Саратовский филиал Института радиотехники и электроники РАН
Marquette University, Milwaukee, WI 53201, USA

Поступило в Редакцию 3 декабря 1998 г.

Теоретически исследованы характеристики антисимметричных и симметричных волн Лэмба, а также квазипоперечных волн, распространяющихся в тонких пластинах ниобата калия. Обнаружено, что для отдельных направлений квадрат коэффициента электромеханической связи акустических волн в таких пластинах может достигать 100%. Полученные результаты позволяют сделать вывод о значительной перспективности ниобата калия для создания различных акусто-электронных устройств.

В последнее время в связи с совершенствованием электрических-коммуникационных систем спрос на различные высокочастотные и широкополосные устройства на акустических волнах постоянно растет. Одним из важных параметров таких приборов является коэффициент электромеханической связи акустических волн. Известно, что одним из наиболее интересных материалов является ниобат калия KNbO_3 , который обладает очень высокими пьезоэлектрическими, электрооптическими и нелинейными оптическими коэффициентами [1]. В работе [2] показано, что в X направлении Y -среза кристалла KNbO_3 квадрат коэффициента электромеханической связи K^2 поверхностной волны Рэлея имеет величину 53%, что примерно в 10 раз больше соответствующего параметра для LiNbO_3 . В недавно проведенных исследованиях [3–4] обнаружено, что K^2 акустических волн, распространяющихся в тонких пластинах, имеет существенно большую величину, чем для поверхностных волн.

В работе проведен теоретический анализ характеристик квазисдвиговых волн и волн Лэмба, распространяющихся в тонких пластинах ниобата калия. Для решения задачи использовались стандартные урав-

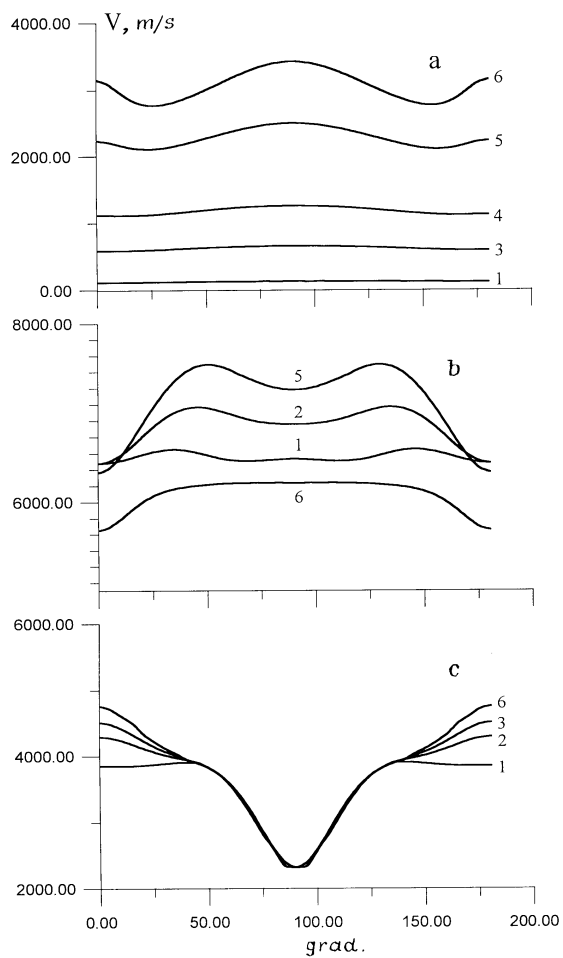


Рис. 1. Зависимость скорости акустических волн от направления их распространения в пластине KNbO_3 при различных ее толщинах: *a* — A_0 волна, распространяющаяся в *Z*-срезе, *b* — S_0 волна и *c* — QSH волна, распространяющиеся в *Y*-срезе. 1 — $h/\lambda = 0.01$, 2 — $h/\lambda = 0.025$, 3 — $h/\lambda = 0.05$, 4 — $h/\lambda = 0.1$, 5 — $h/\lambda = 0.25$, 6 — $h/\lambda = 0.5$.

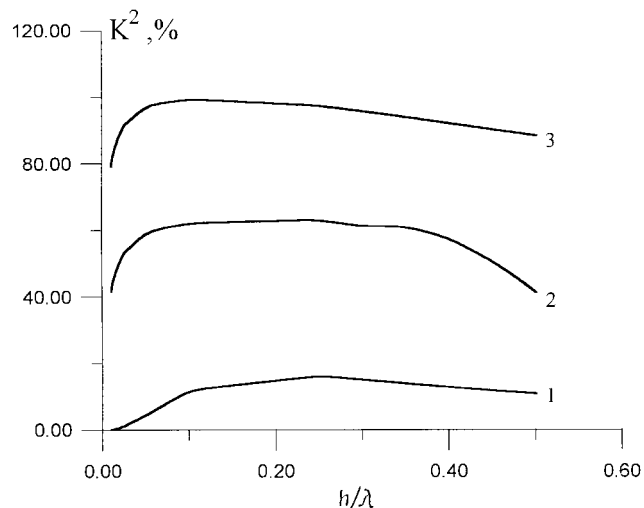


Рис. 2. Зависимость квадрата коэффициента электромеханической связи от относительной толщины пластины KNbO_3 : 1 — A_0 волна ($\psi = 0^\circ$, Z — срез), 2 — S_0 волна ($\phi = 50^\circ$, Y — срез), 3 — QSH волна ($\phi = 0^\circ$, Y — срез).

нения движения упругой среды, уравнение Лапласа и материальные уравнения для механического напряжения и электрической индукции. Волна распространялась вдоль оси x_1 , ось x_3 была направлена в глубь среды. Граничными условиями являлись равенство нулю механических напряжений, а также непрерывность электрического потенциала и нормальной компоненты индукции на свободных границах пластины с вакуумом.

Необходимые для расчетов материальные константы ниобата калия были взяты из [1]. Записанная система уравнений совместно с граничными условиями решалась известным методом [5].

В результате проведенных расчетов были получены зависимости скорости и квадрата коэффициента электромеханической связи ($K^2 = 2\Delta V/V$) для нулевых симметричных S_0 , антисимметричных волн A_0 Лэмба и квазипоперечных сдвиговых волн QSH от направления распространения в X, Y и Z-срезах при различных толщинах пластины ниобата калия.

На рис. 1 приведены зависимости скоростей A_0 , S_0 и QSH волн от направления их распространения для наиболее интересных срезов при различных толщинах пластины. Углы Эйлера определяли по методике [6].

Обнаружено, что для отдельных направлений распространения квадрат коэффициента электромеханической связи рассматриваемых волн может достигать гигантских величин (до 100%). На рис. 2 приведены зависимости K^2 от относительной толщины пластины h/λ (h — толщина пластины, λ — длина акустической волны) для направлений распространения A_0 , S_0 и QSH волн, характеризующихся наибольшим его значением.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о значительной перспективности данного материала при создании различных акусто-электронных устройств. Причем при работе в низкочастотном диапазоне такие устройства можно реализовать на акустических волнах, распространяющихся в тонких пластинах, а при переходе в высокочастотный диапазон можно использовать поверхностные волны.

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы "Государственная поддержка интеграции высшего образования и фундаментальной науки на 1997–2000 годы" по проекту 696.3 и частично поддержана грантом NSF.

Список литературы

- [1] Zgonik M., Schlesesser R., Biaggio I. et al. // J. Appl. Phys. 1993. V. 74. N 2. P. 1287–1297.
- [2] Yamanouchi K., Odagawa H., Kojima T., Matsunura T. // Electronic Letters. 1997. V. 33. N 3. P. 193.
- [3] Joshi S.G., Jin Y. // Ultrasonics. 1996. V. 34. P. 507–509.
- [4] Zaitsev B.D., Joshi S.G., Kusnetsova I.E. // Smart & Structures. 1997. V. 6. P. 739–744.
- [5] Балакирев М.К., Гилинский И.А. Волны в пьезокристаллах. Новосибирск: Наука, 1982. 237 с.
- [6] Ильин В.А., Позняк Э.Г. Аналитическая геометрия. М.: Наука, 1968. 232 с.