

УДК 534-16
DOI: 10.7868/S25000640240302

ОСОБЕННОСТИ ВОЗБУЖДЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН НА ПОВЕРХНОСТИ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ LiNbO_3/Si

© 2024 г. В.Б. Широков^{1,2}, М.С. Пименов², И.Б. Михайлова¹,
А.С. Турчин¹, чл.-корр. РАН В.В. Калинин¹

Аннотация. Исследован процесс возбуждения акустических волн на поверхности сегнетоэлектрической гетероструктуры, представляющей собой пластину ниобата лития промышленных срезов толщиной 1000 нм, нанесенной на подложку (001) среза монокристаллического кремния. В качестве объекта исследования рассматриваются вертикально поляризованные волны (рэлеевские волны) и горизонтально поляризованные сдвиговые волны. В качестве параметра, характеризующего эффективность возбуждения поверхностных акустических волн, используется коэффициент электромеханической связи. При исследовании эффективности возбуждения поверхностных акустических волн в сегнетоэлектрической гетероструктуре рассмотрены пластины ниобата лития различных срезов. Пластина Z-среза имеет естественные координаты для группы симметрии $C3v$, нормаль к поверхности среза направлена вдоль тригональной оси; X-срез – нормаль к поверхности ориентирована вдоль кристаллографической x-оси исходного кристалла; Y-срез – нормаль к поверхности пластинки ориентирована вдоль кристаллографической y-оси исходного кристалла. Детально исследована эффективность возбуждения поверхностных акустических волн на 41Y-срезах, 64Y-срезах, 128Y-срезах и 153Y-срезах, нормаль к поверхности которых ориентирована вдоль y-оси, повернутой вокруг кристаллографической оси x исходного кристалла на угол 41° , 64° , 128° и 153° соответственно. Анализ показал, что на всех типах срезов более эффективными являются сдвиговые волны. В частности, для X-, Y- и 128Y-срезов имеются ориентации, на которых коэффициент электромеханической связи достигает значений 0,4, 0,38 и 0,39 соответственно. Более детальное исследование показало, что в рассматриваемой гетероструктуре данной геометрии можно достичь еще большей эффективности возбуждения сдвиговых поверхностных акустических волн, если взять 153Y-срез, для которого коэффициент электромеханической связи достигает значения 0,43.

Ключевые слова: сегнетоэлектрическая гетероструктура, ниобат лития, поверхностные акустические волны, коэффициент электромеханической связи.

FEATURES OF EXCITATION OF ACOUSTIC WAVES ON THE SURFACE OF A LiNbO_3/Si HETEROSTRUCTURE

V.B. Shirokov^{1,2}, M.S. Pimenov², I.B. Mikhailova¹,
A.S. Turchin¹, Corresponding Member RAS V.V. Kalinchuk¹

Abstract. The process of excitation of acoustic waves on the surface of a ferroelectric heterostructure, which is a lithium niobate plate of industrial cuts, 1000 nm thick, deposited on a substrate (001) of a single-crystalline silicon cut, is investigated. Vertically polarized waves (Rayleigh waves) and horizontally polarized shear waves are considered as the object of study. The electromechanical coupling coefficient is used as a parameter characterizing the efficiency of excitation of surface acoustic waves. When studying the efficiency of surface waves excitation in a ferroelectric heterostructure, lithium niobate plates of various cuts were

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: shirokov-vb@rambler.ru, michailova@ssc-ras.ru, vkalin415@mail.ru

² Южный федеральный университет (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105

considered. The Z-cut plate has natural coordinates for the C_{3v} symmetry group; the normal to the cut surface is directed along the trigonal axis, X-cut – the normal to the surface is oriented along the crystallographic x -axis of the original crystal; Y-cut – the normal to the surface of the plate is oriented along the crystallographic y -axis of the original crystal. The efficiency of surface waves excitation on the 41Y-cut, 64Y-cut, 128Y-cut and 153Y-cut, the normal to the surface of which is oriented along the y -axis, rotated around the crystallographic x -axis of the original crystal at an angle of 41° , 64° , 128° and 153° , respectively, has been studied. The analysis showed that shear waves are more effective on all types of cuts. In particular, for the X-, Y- and 128Y-cuts there are orientations at which the electromechanical coupling coefficient reaches values of 0.4, 0.38 and 0.39, respectively. A more detailed study showed that in the considered heterostructure of this geometry, it is possible to achieve an even greater efficiency of excitation of shear surface waves if we take the 153Y-cut, for which the electromechanical coupling coefficient reaches a value of 0.43.

Keywords: ferroelectric heterostructure, lithium niobate, surface acoustic waves, electromechanical coupling coefficient.