

Волны Лэмба в слоистой пьезоэлектрической структуре «Al/AlN/Mo/алмаз»

Б.П. Сорокин¹, Г.М. Квашнин¹, А.В. Теличко^{1,2}, А.С. Новоселов^{1,2}

¹Технологический институт сверхтвёрдых и новых углеродных материалов,
г. Москва, г.о. Троицк

²Московский физико-технический институт (государственный университет)
Московская область, г. Долгопрудный

В настоящее время исследователи и инженеры в области акустоэлектроники, помимо традиционно используемых объёмных акустических волн (ОАВ) и поверхностных акустических волн Рэлея, проявляют интерес к нормальным акустическим волнам в пластинах – т.н. волнам Лэмба. Вследствие волноводного характера распространения таких волн возникает дисперсия скоростей распространения, имеется бесконечное число дисперсионных ветвей. Методы, основанные на свойствах волн Лэмба, получили широкое распространение и стали приоритетными, например, в дефектоскопии. Однако в некоторых случаях возбуждение волн Лэмба производит негативный эффект.

Так, ранее авторы [1] обратили внимание на возникновение ложных резонансов в слоистой пьезоэлектрической структуре «Al/AlN/Mo/алмаз» (рис. 1), с помощью которой, используя основные ОАВ-обертоны, был реализован СВЧ ОАВ-резонатор с рекордными характеристиками. Было показано, что ложные резонансы обусловлены наличием волн Лэмба различных порядков, возбуждаемых вследствие конечности поперечных размеров ОАВ-резонатора. Подавление таких мод в ОАВ-резонаторе позволит улучшить его основные параметры. Однако, в силу большого количества возбуждаемых мод Лэмба, возникают проблемы их надёжной идентификации. К сожалению, в литературе отсутствуют результаты исследований волн Лэмба в окрестности точек «рождения» мод, указанных ранее Викторovým [2].

В работе были поставлены следующие задачи:

- 1) Идентифицировать и классифицировать волны Лэмба, возникающие в исследованной структуре.
- 2) Используя результаты 2D FEM моделирования, получить дисперсионные зависимости скоростей волн Лэмба.

Структура «Al/AlN/Mo/(100) алмаз» с толщинами 0.164/0.624/0.169/392 мкм соответственно, и с поперечными размерами 1000 и 1100 мкм была исследована методом 2D FEM моделирования с помощью пакета Comsol Multiphysics. С целью проверки и дополнительной идентификации мод Лэмба использовали численное решение системы дифференциальных уравнений для собственных частот и собственных векторов волн Лэмба [2] в пластинке алмаза с бесконечными поперечными размерами. Произведена визуализация распределения полей смещения всех собственных мод указанной структуры, включая симметричные (S) и антисимметричные (A) моды Лэмба, а также объёмные и поверхностные акустические волны. Получены дисперсионные кривые частотных зависимостей фазовых скоростей волн Лэмба в алмазе (рис. 2) и визуализированы поля упругих смещений (рис. 3). Указаны критические частоты «рождения» волн Лэмба.

Впервые показано, что необходимо различать ветви дисперсионных зависимостей, в критических точках сходящихся либо к продольной (L), либо к поперечной (T) стоячим волнам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, проект RFMEFI58015X0003 (Грант #14.580.21.0003).

Литература

1. *Kvashnin, G. M.* Resonant transformation of acoustic waves observed for the diamond based HBAR / G. M. Kvashnin, A. V. Telichko, B.P. Sorokin // Proc. of The IEEE Int. Frequency Control Symp. and European Frequency and Time Forum, Denver, USA, 12-16 April 2015 / Denver, 2015. – P. 396-401.
2. *Викторов И.А.* Физические основы применения ультразвуковых волн Рэлея и Лэмба в технике. – М.: Наука, 1966 – 169 с.

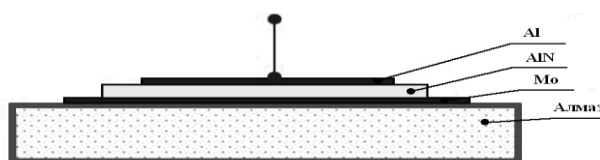


Рис. 1. Схема слоистой пьезоэлектрической структуры «Al/AlN/Mo/алмаз».

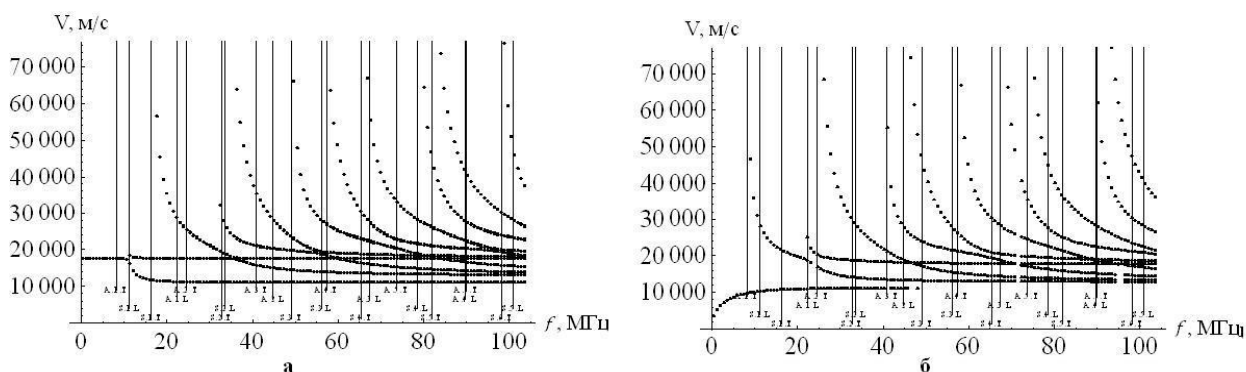


Рис.2. Дисперсионные кривые фазовых скоростей для пластинки алмаза с толщиной 392 мкм: а – симметричные и б – антисимметричные моды Лэмба.

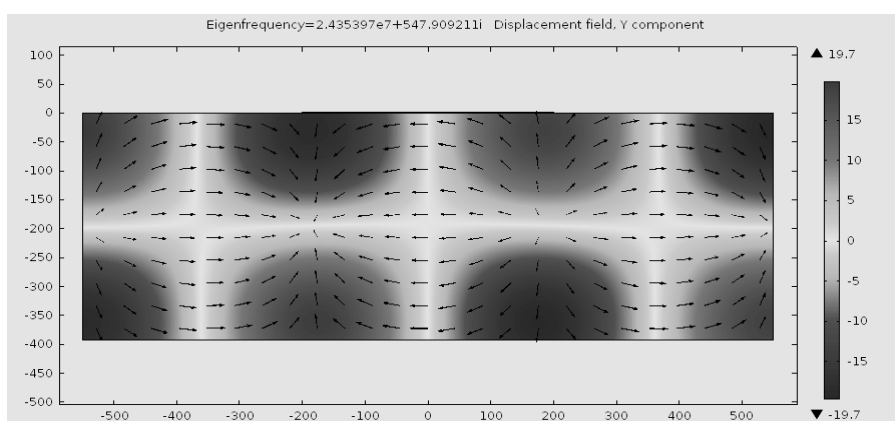


Рис. 3. Пример распределения поля упругих смещений для симметричной моды Лэмба S_{1L} , возбуждённой на частоте 24,35 МГц в слоистой структуре «Al/AlN/Mo/(100) алмаз».