



ПОВЕРХНОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ

ПОВЕРХНОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ (ПАВ), упругие волны, распространяющиеся вдоль свободной поверхности твёрдого тела или вдоль границы твёрдого тела с другими средами и затухающие при удалении от границы. Существует 2 типа ПАВ: волны с вертикальной поляризацией, у которых вектор колебательного смещения частиц среды в волне расположен в плоскости, перпендикулярной к граничной поверхности, и волны с горизонтальной поляризацией, у которых вектор смещения частиц среды параллелен граничной поверхности и перпендикулярен направлению распространения волны.

Простейшими и наиболее часто встречающимися на практике ПАВ с вертикальной поляризацией являются волны Рэлея, распространяющиеся вдоль границы твёрдого тела с вакуумом или достаточно разреженной газовой средой. Их энергия локализована в поверхностном слое толщиной от λ до 2λ , где λ – длина волны. Частицы в волне движутся по эллипсам, большая полуось ω которых перпендикулярна границе, а малая u – параллельна направлению распространения волны. Фазовая скорость волн Рэлея $c_k \approx 0,9c_t$, где c_t – фазовая скорость плоской поперечной волны.

Если твёрдое тело граничит с жидкостью и скорость звука в жидкости меньше скорости c_k в твёрдом теле (это справедливо почти для всех реальных сред), то на границе твёрдого тела и жидкости возможно распространение затухающей волны рэлеевского типа. Эта волна при распространении непрерывно излучает энергию в жидкость, образуя в ней отходящую от границы неоднородную волну. Фазовая скорость этой ПАВ с точностью до процентов равна c_k , а коэф. затухания на длине волны $\approx 0,1$, т. е. на пути 10λ волна затухает примерно в e раз.

Помимо затухающей ПАВ, на границе жидкости и твёрдого тела всегда существует

незатухающая ПАВ, бегущая вдоль границы с фазовой скоростью, меньшей скорости волны в жидкости и скоростей продольных c_l и поперечных c_t волн в твёрдом теле. Эта ПАВ, являясь волной с вертикальной поляризацией, имеет совершенно другую структуру и скорость, чем волна Рэлея. Она состоит из слабо неоднородной волны в жидкости, амплитуда которой медленно убывает при удалении от границы, и двух сильно неоднородных волн в твёрдом теле (продольной и поперечной). Благодаря этому энергия волны и движение частиц локализованы в осн. в жидкости, а не в твёрдом теле.

Если две твёрдые среды граничат между собой вдоль плоскости и их плотности и модули упругости не сильно различаются, то вдоль границы могут распространяться волны Стоунли. Волну Стоунли можно рассматривать как состоящую из двух волн Рэлея (по одной в каждой среде). Вертикальная и горизонтальная компоненты смещений в каждой среде убывают при удалении от границы так, что энергия волны оказывается сосредоточенной в двух граничных слоях толщиной порядка λ . Фазовая скорость волны Стоунли меньше значений c_l и c_t в обеих средах.

Волны с вертикальной поляризацией могут распространяться на границе твёрдого образца с жидким или твёрдым слоем или с системой таких слоёв. Если толщина слоёв много меньше длины волны, то движение частиц в полупространстве примерно такое же, как в волне Рэлея, а фазовая скорость ПАВ близка к c_k . В общем случае движение может быть таким, что энергия волны будет перераспределяться между твёрдым полупространством и слоями, а фазовая скорость будет зависеть от частоты волны и толщины слоёв.

Кроме ПАВ с вертикальной поляризацией (в осн. это волны рэлеевского типа), существуют волны с горизонтальной поляризацией (Лява волны), которые могут распространяться на границе твёрдого полупространства с твёрдым слоем. Это чисто поперечные волны: в них имеется только одна компонента смещения v , а упругая деформация в волне представляет собой чистый сдвиг. Глубина проникновения волны в полупространство меняется от долей λ до многих λ в зависимости от толщины слоя h , частоты волны ω и параметров сред. Существование волны Лява связано с наличием слоя на полупространстве: при $h \rightarrow 0$ глубина проникновения волны в

полупространство стремится к бесконечности и волна переходит в объёмную. Фазовая скорость волн Лява заключена в пределах между фазовыми скоростями поперечных волн в слое и полупространстве и зависит от частоты ω (т. е. волны Лява распространяются с дисперсией).

На границах кристаллов могут существовать те же типы ПАВ, что и в изотропных твёрдых телах, только движение в волнах усложняется. Анизотропия твёрдого тела может вносить некоторые качественные изменения в структуру волн. Так, на некоторых плоскостях кристаллов, обладающих пьезоэлектрич. свойствами, волны типа волн Лява, подобно волнам Рэлея, могут существовать на свободной поверхности (в отсутствие твёрдого слоя). Это т. н. электрорезонансные волны Гуляева – Блюштейна. Наряду с обычными волнами Рэлея в некоторых образцах кристаллов вдоль свободной границы может распространяться затухающая волна, излучающая энергию в глубь кристалла. В пьезополупроводниковых кристаллах возможно взаимодействие ПАВ с электронами, приводящее к усилению этих волн (см. [Акустоэлектронное взаимодействие](#)).

На свободной поверхности жидкости упругие ПАВ существовать не могут, но на частотах УЗ-диапазона и ниже могут возникать поверхностные волны, в которых определяющим является поверхностное натяжение, – это т. н. капиллярные волны (см. [Волны на поверхности жидкости](#)).

Ультра- и гиперзвуковые ПАВ широко используются в технике для неразрушающего контроля поверхности и поверхностного слоя образца, для создания микронных схем обработки электрич. сигналов и др.

Литература

Лит.: Викторов И. А. Физические основы применения ультразвуковых волн Рэлея и Лэмба в технике. М., 1966; он же. Звуковые поверхностные волны в твердых телах. М., 1981; Физическая акустика / Под ред. У. Мэзона, Р. Терстона. М., 1973. Т. 6; Поверхностные акустические волны / Под ред. А. Олинера. М., 1981; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория упругости. 5-е изд. М., 2003.