

ГИПЕРЗВУК

*Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»*

Кур. В. Тищенко

Рук. ст. пр. Ю.И. Чекрыгина

Приближаясь к частоте $\nu \sim 1$ ГГц -10 ТГц, упругая волна представляет собой особое акустическое явление, называемое гиперзвуком.

Диапазон частот	Область звука
$f = 16 \div 2 \cdot 10^4$ Гц	Звук, воспринимаемый человеком
$f < 16$ Гц	инфразвук
$f > 2 \cdot 10^4$ Гц	ультразвук
$f > 10^9$ Гц	гиперзвук

В жидкостях и газовых средах (в частности, в воздухе) распространение гиперзвуковой волны затруднено вследствие сильного поглощения, пропорционального квадрату частоты, и быстрого затухания. Что касается кристаллических тел, на данный процесс большое влияние оказывают взаимодействия гиперзвука как потока фононов с тепловыми фононами, электронами проводимости или магнитоупругие взаимодействия.

Частота 1,5 ГГц сопоставима с электромагнитными колебаниями, поэтому явления, связанные с гиперзвуком, влияют на распространение в среде ЭМ волн. Распространяясь в кристалле, колебания высокой частоты содержат акустическую оптическую компоненты. При этом часть энергии рассеивается на кристаллической решетке в виде гиперзвука - фононов и теплового излучения.

К современным методам возбуждения гиперзвуковых акустических волн относится воздействие на твердое тело сверхкоротких лазерных импульсов. Генерация таких колебаний является следствием квантового размерного эффекта отражения фононов от поверхности наносистемы, линейные размеры которой не превышают длину их свободного пробега.

С фундаментальной точки зрения взаимодействие гиперзвука с конденсированными средами позволяет исследовать состояние вещества, в том числе широкий класс эффектов электрон-фононного взаимодействия. С точки зрения практического применения гиперзвуковая область частот в конденсированных средах принципиально важна для исследования явлений акустоэлектроники, оптоакустики, магнитоакустики и др.

Необходимо отметить, что практическое использование таких волн обусловлено прозрачностью исследуемого твердого тела по отношению к гиперзвуку. Например, для монокристалла кварца поглощение гиперзвука при комнатной температуре на частоте 10 ГГц составляет $60\text{-}70\text{ см}^{-1}$.

Согласно современным представлениям поглощение гиперзвука объясняется неупругим рассеянием на тепловых фононах вследствие ангармонизма кристаллической решетки [1]. Это означает, что при определенных условиях деформация кристаллической решетки под действием гиперзвуковой волны изменяет равновесное распределение фононного газа, что приводит к необратимому переносу энергии от гиперзвуковой волны к тепловым фононам. Определяющими факторами рассеяния и поглощения при этом являются угловая частота гиперзвука и время релаксации тепловых фононов [2]. Данный вид поглощения на частотах выше 10 ГГц не позволяет использовать гиперзвук в области высоких – дебаевских температур θ_d . Однако, при низких температурах ($T \sim 3\text{-}4\text{ К}$) в кристаллах кварца, сапфира, ниобата лития и других материалах, с минимальным количеством свободных носителей зарядов, поглощение очень слабое. Это физическое свойство позволило обнаружить экспериментально рекордно длительное запоминание электромагнитного сигнала и использовать это явление при разработке криогенных акустических линий задержки СВЧ сигналов [3].

[1] Такер Дж., Рэмpton В. Гиперзвук в физике твердого тела, пер. с англ., Москва, 1975.

[2] Мэзон У., Терстон Р. Физическая акустика, пер. с англ., Москва, 1974.

[3] Г.С. Воробьев, Радиофизические методы диагностики материалов и сред, Сумы, 2013.