

ОСОБЕННОСТИ ПРОХОЖДЕНИЯ СДВИГОВОЙ УПРУГОЙ ВОЛНЫ ЧЕРЕЗ ОГРАНИЧЕННЫЙ ОДНОМЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ ФОНОННЫЙ КРИСТАЛЛ

Тарасенко О.С., Тарасенко, С.В., Юрченко В.М.
Донецкий физико - технический институт НАН Украины
83114, Донецк, ул.Р.Люксембург 72, Украина

Анализ особенностей прохождения объемной упругой волны через многокомпонентную акустически связанную среду, обладающую одно-, двух- или трехмерным упорядочением (фононный кристалл), представляет, в настоящее время, особый интерес в связи с многообещающими практическими применениями подобных композитных материалов [1,2]. В этом отношении несомненно перспективным представляется изучение упругой динамики фононных кристаллов, созданных с использованием магнитных составляющих (магнитные фотонные [3,4] кристаллы), поскольку наличие магнитоупругого взаимодействия позволяет с помощью магнитного поля (или температуры) изменять безразмерный параметр линейного динамического магнитоупругого взаимодействия ζ в широком диапазоне ($0 < \zeta < 1$). Однако, до сих пор, в основном, рассматривались фононные кристаллы, выполненные на основе немагнитных компонент. Одним из наиболее простых примеров одномерного магнитного фонон - фотонного кристалла может служить двухкомпонентная магнитная сверхрешетка, представляющая собой систему чередующихся эквидистантных, акустически связанных магнитных и немагнитных слоев. При этом если входящая в состав такой сверхрешетки немагнитная среда - идеальный диамагнетик, например сверхпроводник ($2\lambda/t \rightarrow 0$, где λ - лондоновская глубина проникновения, t - толщина сверхпроводящего слоя), то подобная структура может рассматриваться как одномерный магнитный фононный кристалл, поскольку в этом случае в качестве единственного механизма, формирующего спектр коллективных возбуждений, выступает акустическое межслоевое взаимодействие и последовательное теоретическое описание его динамики должно основываться на одновременном учете магнитоупругого и магнитодипольного взаимодействий. Однако для акустической сверхрешетки типа "ферромагнетик - сверхпроводник" расчет спектра нормальных упругих SH - волн, с помощью метода матрицы переноса, потребует использования матриц размером не менее чем 4×4 [5]. Вместе с тем, если ограничиться областью достаточно малых волновых чисел (мелкослоистая сверхрешетка), то анализ спектра коллективных возбуждений акустической магнитной сверхрешетки, с учетом конечных размеров реального образца, можно провести на основе метода эффективной среды [6]. Важной особенностью упругой динамики неограниченного однородно намагниченного ферромагнетика является то, что единственной геометрией, допускающей распространение сдвиговой упругой (SH -) волны с волновым вектором k , несовпадающим с направлением равновесного вектора намагниченности M , это $k \perp M \parallel u$ (где u - вектор упругих смещений решетки). Однако, до сих пор, вопрос о влиянии гиротропии на условия отражения (преломления) сдвиговой объемной упругой волны, падающей на поверхность ограниченной акустической сверхрешетки типа "легкоосный ферромагнетик - идеальный диамагнетик", оставался открытым.

В связи с этим цель данной работы состоит в определении индуцированных магнитоупругим взаимодействием особенностей отражения (прохождения) упругой SH - волны через ограниченную акустическую, мелкослоистую сверхрешетку типа "легкоосный ферромагнетик - идеальный сверхпроводник".

Анализ проведен на основе последовательного учета магнитоупругого взаимодействия, в рамках метода эффективной среды, как для случая параллельной (конфигурация A), так и

антипараллельной (конфигурация B) ориентаций равновесных магнитных моментов соседних, касательно намагниченных ферромагнитных слоев сверхрешетки. Хотя неограниченная ферромагнитная среда в геометрии Фогта обладает гиротропией, тем не менее, в случае магнитной сверхрешетки и той же геометрии распространения упругой волны, первая из указанных магнитных конфигураций обладает "макроскопической" акустической гиротропией (конфигурация A), а вторая (конфигурация B) - нет (в длинноволновом пределе). В соответствии с этим обстоятельством, для заданных частоты ω и волнового числа, условия прохождения объемной SH - волны через такую мелкослоистую магнитную акустическую сверхрешетку существенно изменяются, в зависимости от типа равновесной магнитной конфигурации. В частности, наряду с "полуволновым" механизмом безотражательного отражения, хорошо известном для немагнитных слоев, в случае ограниченной магнитной сверхрешетки "легкоосный ферромагнетик - сверхпроводник", с равновесной конфигурацией B типа, возможен дополнительный механизм безотражательного прохождения. Что касается ограниченной магнитной сверхрешетки с равновесной конфигурацией A типа, то для нее подобный резонанс места не имеет. Анализ показал, что несмотря на акустически сплошную границу раздела, магнитная сверхрешетка и немагнитная среда вдоль нее, в случае конфигурации A типа, возможно распространение однородной сдвиговой упругой волны. Для этого ее частота и волновое число должны удовлетворять закону дисперсии сдвиговой ПАВ, которая распространяется в этой геометрии вдоль механически свободной поверхности полуограниченной магнитной сверхрешетки рассматриваемого типа. Впервые показано, что в том случае когда поверхность ограниченной мелкослоистой магнитной сверхрешетки типа "легкоосный ферромагнетик - сверхпроводник" имеет акустически сплошное немагнитное покрытие конечной толщины, то возможно безотражательное прохождение объемной упругой SH - волны. Физически механизм прохождения обусловлен резонансным возбуждением падающей объемной упругой волной сдвиговой ПАВ формирующейся на границе раздела "ограниченная магнитная сверхрешетка – немагнитное покрытие конечной толщины".

Отдельно отметим, что все вышеперечисленные эффекты в случае сверхрешетки с равновесной магнитной конфигурацией A типа вследствие гиротропии обладают невязимостью относительно смены знака у проекции волнового вектора упругой SH - волны на поверхность сверхрешетки.

Литература

1. T.T.Wu, Z.G.Huang, S.Lin. Phys.Rev.B **69**, 9, 094301, (2004)
2. R.Sainidou, N. Stefanou, A. Modinos. Phys.Rev.B **69**, 6, 064301, (2004)
3. Ю.И.Беспярых, И.Е. Дикштейн, В.П.Мальцев, С.А.Никитов, В.Василевский. ФТТ. **45**, 11, 2056 (2003).
4. Figotin A., Vitebsky I. Phys.Rev.E. **63**, 066609 (2001).
5. M.G.Cottam, D.R.Tilley. Introduction to surface and superlattice excitations (Cambridge Univ. Press) Cambridge,(1989). 355p
6. С.М.Рытов. Акуст журн. **2**, 1, 72 (1956).