

Нелинейное поведение поверхностного импеданса пластины слоистого сверхпроводника

А.А. Божко

Научный руководитель проф. В.А. Ямпольский

Кафедра теоретической физики имени академика И.М. Лифшица

Необычные физические и, в частности, электродинамические свойства слоистых сверхпроводников на основе кристаллов CuO_2 за последние двадцать лет стали объектом пристального изучения многих исследовательских групп. Растущий интерес к такого типа материалам обусловлен возможностью их применения в астрономии, спектроскопии, ТГц изображении, при анализе химического состава веществ, в медицине.

Слоистый сверхпроводник представляет собой набор чередующихся тонких сверхпроводящих и более толстых диэлектрических слоёв, что способствует протеканию тока и распространению электромагнитных волн сквозь слои. В существующей модели, подтверждённой экспериментально, протекание тока в диэлектрической прослойке между тонкими сверхпроводящими слоями объясняется эффектом Джозефсона.

Электродинамика слоистых сверхпроводников описывается нелинейными связанными синусоидальными уравнениями Гордона. Нелинейность обусловлена зависимостью $J \sim \sin j$ межслойного джозефсоновского тока J от разности фаз j параметра порядка, причем даже в случае слабой нелинейности исследуемые величины изменяются нетривиальным образом при изменении амплитуды падающей волны.

В случае, когда частота падающей волны меньше джозефсоновской, распространение линейных (низкоамплитудных) джозефсоновских плазменных волн в образце невозможно, пластина является непрозрачной для электромагнитного излучения из-за скин-эффекта. Однако, рассматриваемая нелинейность приводит к эффективному уменьшению джозефсоновской частоты, так что в пластине могут распространяться нелинейные джозефсоновские плазменные волны достаточно большой амплитуды; образец становится прозрачным.

Рассмотрено одностороннее облучение слоистого сверхпроводника электромагнитной волной и нелинейные эффекты, связанные с распространением электромагнитных возбуждений в нём. Показано, что нелинейность в выражении для джозефсоновского тока приводит к существенной зависимости величины поверхностного импеданса пластины от амплитуды падающей волны. В результате величина поверхностного импеданса меняется в широких пределах при изменении интенсивности облучения.

Характерной особенностью рассмотренного эффекта является гистерезисное поведение исследуемой зависимости с наличием скачков. Также важным является то, что эффект возникает даже при сравнительно небольших амплитудах падающей волны.

[1] S. Savel'ev, V.A. Yampol'skii, A.L. Rakhmanov, and F. Nori. Terahertz Josephson plasma waves in layered superconductors: spectrum, generation, nonlinear, and quantum phenomena // Rep. Prog. Phys, 73, 026501 (2010).

[2] Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. Изд. 2-е, испр. и доп. --- М.: МЦНМО, 2000. --- 402 с.