

УДК 621.372.8

**О НАПРАВЛЕНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА В  
ВОЛНОВОДНОЙ СТРУКТУРЕ СО СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ  
ПЛЕНКОЙ**

Головкина М.В.

*ПГУТИ, г. Самара*

*E-mail: [наука77@yandex.ru](mailto:наука77@yandex.ru).*

Исследована скорость нелинейных импульсов, распространяющихся в волноводной структуре, содержащей тонкую пленку сверхпроводника второго рода, пленку нелинейного диэлектрика с нелинейностью типа Керра и слои метаматериала и обычного диэлектрика.

Ключевые слова: волновод, сверхпроводник, метаматериал.

В связи с успехами в технологии изготовления слоистых наноструктур толщиной в несколько атомных слоев повышенный интерес вызывают тонкие пленки сверхпроводников второго рода, свойства которых могут существенно отличаться от свойств объемных сверхпроводников. Сверхпроводник второго рода, помещенный во внешнее магнитное поле  $B_{c1} < B < B_{c2}$ , где  $B_{c1}$  и  $B_{c2}$  - первое и второе критическое поле для сверхпроводника, переходит в резистивное состояние. При этом магнитное поле проникает в сверхпроводник в виде упорядоченной решетки вихрей Абрикосова. Если по тонкой пленке сверхпроводника второго рода пропустить транспортный ток, решетка вихрей Абрикосова приходит в движение. При взаимодействии электромагнитной волны с движущейся в тонкой пленке сверхпроводника вихревой структурой может наблюдаться обмен энергией между волной и решеткой вихрей. Наиболее

эффективное взаимодействие наблюдается при равенстве скорости электромагнитной волны и скорости движения вихревой структуры. При этом возможно усиление электромагнитной волны за счет энергии движущейся решетки вихрей Абрикосова [1, 2]. При распространении электромагнитных волн в волноводной структуре, содержащей тонкую пленку сверхпроводника второго рода в резистивном состоянии и пленку нелинейного диэлектрика с нелинейностью типа Керра, формируются нелинейные солитоноподобные импульсы, длительность и скорость которых зависит от параметров как сверхпроводника, так и нелинейного диэлектрика [3]. Наиболее эффективное взаимодействие солитоноподобных импульсов с вихревой структурой сверхпроводника наблюдается в волноводной структуре, содержащей кроме двойной тонкой пленки сверхпроводник-нелинейный диэлектрик комбинацию из двух слоев: слоя обычного диэлектрика и слоя метаматериала с отрицательным значением показателя преломления [4].

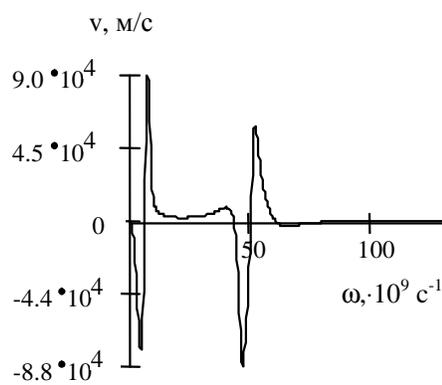


Рис. 1. Зависимость скорости распространения нелинейного импульса от частоты для волноводной структуры, содержащей двойную тонкую пленку сверхпроводник - нелинейный диэлектрик, разделяющую слой метаматериала с отрицательным показателем преломления и обычного диэлектрика.

Численный расчет скорости распространения солитоноподобных импульсов по формуле, приведенной в работе [3] показывает, что импульс может менять не только величину скорости, но и направление распространения (рис. 1). За счет чего импульс может менять свое направление в рассматриваемой волноводной структуре? Первая причина: направления потоков энергии в слое обычного диэлектрика и слое метаматериала с отрицательным показателем преломления противоположны. Поэтому в двухслойном волноводе с двумя слоями метаматериала и обычного диэлектрика на одной частоте могут распространяться две волны с разными направлениями групповой скорости [6]. Причем групповая скорость этих волн может быть очень мала - в волноводе возможно распространение супермедленных волн. Вторая причина: в случае уменьшения скорости распространения электромагнитной волны за счет наличия в структуре комбинации слоев метаматериала и обычного диэлектрика волна эффективно взаимодействует с движущейся в слое сверхпроводника решеткой вихрей Абрикосова. При противоположных направлениях распространения волны и движения вихревой структуры в результате взаимодействия с вихревой структурой волна может развернуться по направлению движения вихрей. Таким образом, комбинация в волноводной структуре тонкой пленки сверхпроводник - нелинейный диэлектрик и слоев метаматериала и обычного диэлектрика может привести смене направления распространению импульса. Направлением скорости нелинейного импульса можно управлять путем изменения внешнего магнитного поля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попков А.Ф. Усиление магнитоэлектрической волны потоком магнитных вихрей в структуре феррит-сверхпроводник. // Письма в ЖТФ. – 1989. – Т. 15. – Вып. 5. – С. 9-14.
2. Глущенко А.Г., Головкина М.В. Отражение электромагнитной волны слоистой структурой сверхпроводник - диэлектрик. // Письма в ЖТФ. –1998. –Т. 24. – Вып. 1. – С. 9-12.
3. Глущенко А.Г., Головкина М.В. Исследование параметров нелинейных импульсов в волноводной структуре сверхпроводник второго рода-диэлектрик с нелинейностью типа Керра // Физика волновых процессов и радиотехнические системы, 2006. –Т. 9. –№ 2, –С. 12-17.
4. Головкина М.В. Нелинейные импульсы в слоистой волноводной структуре, содержащей слой метаматериала и двойную тонкую пленку сверхпроводник-диэлектрик // XI Всероссийская школа-семинар " Волны-2008", 26 – 31 мая 2008 г., МГУ, Москва..
5. Веселаго В. Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными значениями  $\epsilon$  и  $\mu$  // УФН. –1967. –Т. 92. –№ 3. – С. 517–526.
6. Nefedov I.S., Tretyakov S.A. Waveguide containing a backward-wave slab.// Radio Science. –2003. –Vol. 38. –Issue 6. – P. 9-1.