

НЕЛИНЕЙНЫЕ СВОЙСТВА СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ СВИНЦОВОЙ ПЛЕНКИ НА СВЧ

С.А.Песковацкий, И.И.Еру, О.И.Барилевич

В последнее время в печати появились сообщения об использовании сверхпроводящих пленок для преобразования СВЧ [1,2]. Нами обнаружено преобразование частот на сверхпроводящей пленке свинца в 3-сантиметровом диапазоне длин волн.

Пленки свинца толщиной $200 \pm 400 \text{ \AA}$ наносились в вакууме на одну из широких граней прямоугольного диэлектрического резонатора (монокристалл рутила размером $4 \times 4 \times 1,5 \text{ мм}$), расположенного в волноводе так, что магнитная компонента поля лежала в плоскости пленки. Частот-

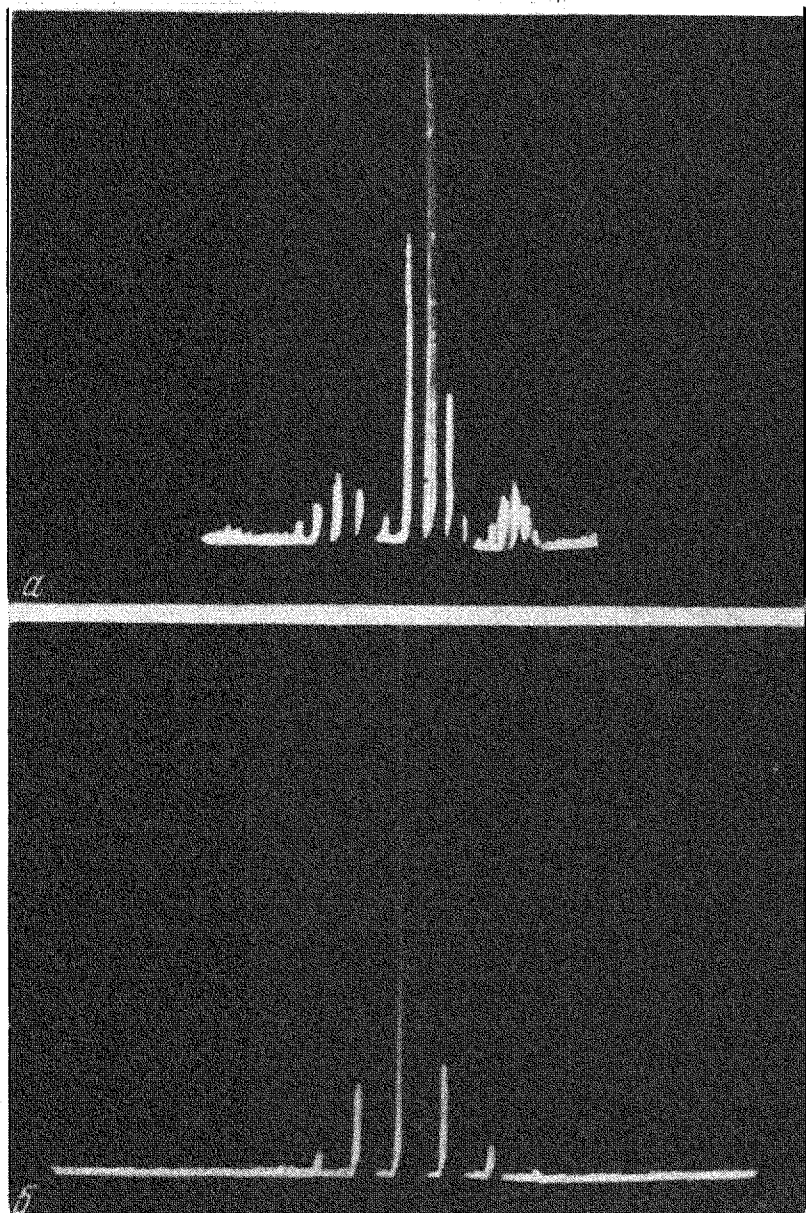


Рис.1. *a* – спектр комбинационных частот двух сигналов СВЧ в режиме генерации; *б* – то же при наличии лишь сигнала "подсветки" (слабый сигнал СВЧ выключен, частотный масштаб уменьшен)

та основного типа колебаний этого резонатора была значительно ниже использовавшихся частот, и поэтому работа велась на одном из высших типов колебаний. Связь резонатора с волноводным трактом регулировалась глубиной погружения его в отрезок запердельного волновода. В 3-сантиметровом диапазоне собственная добротность такого резонатора при температуре жидкого гелия была около 10^4 . Все эксперименты проводились в нулевом магнитном поле при температуре $4,2^\circ\text{K}$.

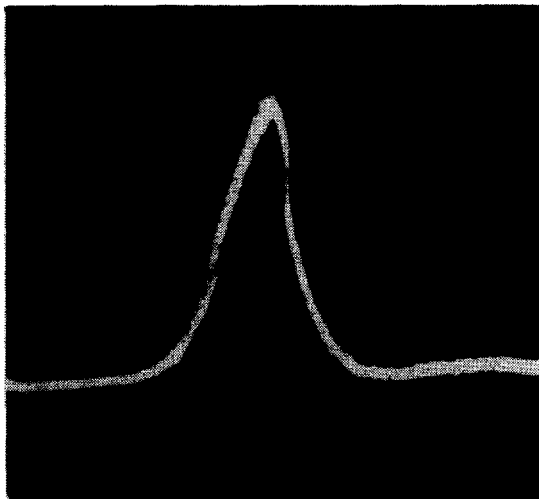


Рис.2. "Ступенька" на огибающей сигнала, отраженного от резонатора со сверхпроводящей свинцовой пленкой

При подаче на резонатор с пленкой двух сигналов близких частот был получен спектр комбинационных частот $[(m+1)f_1 - mf_2]$, $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$. Увеличение мощности любого из этих двух сигналов до уровня порядка -34 дБм приводило к усложнению наблюдаемого спектра: в нем появлялись дополнительные частоты и изменялось соотношение амплитуд спектральных линий (рис.1,а). После выключения второго, более слабого сигнала было обнаружено, что в спектре кроме частоты мощного сигнала ("подсветки") остаются еще некоторые частоты, генерируемые очевидно самой сверхпроводящей пленкой (рис.1,б). Спектр этих дополнительных частот состоит из ряда спектральных линий, расположенных симметрично по обе стороны от частоты "подсветки". Уровень мощности в ближайшей к частоте "подсветки" паре линий на 15 ± 1 дБ ниже уровня "подсветки", а в следующей паре еще на 15 ± 2 дБ ниже. С увеличением мощности "подсветки" выше -34 дБм разнос частот этих линий от частоты "подсветки" постепенно увеличивается, а амплитуда их практически не меняется. Однако при разносах частот первой, ближайшей пары линий порядка $2+3$ МГц интенсивность спектра этих дополнительных частот быстро спадает до нуля.

В момент возникновения генерации в сверхпроводящей пленке на огибающей сигнала, отраженного от резонатора, образуется "ступенька"

(рис.2). Дальнейшее повышение уровня мощности "подсветки" приводит к появлению еще нескольких таких "ступенек" (до 5 "ступенек"). Исследование зависимости формы этих "ступенек" от длительности воздействия СВЧ сигнала на пленку позволило установить, что, по крайней мере, последняя из них связана уже просто с тепловым воздействием СВЧ мощности. Это, по-видимому, обусловлено недостаточно хорошим отводом тепла от свинцовой пленки. Что касается остальных, "промежуточных" "ступенек", то здесь такого однозначного влияния тепловых процессов обнаружено не было. Однако, с другой стороны, не наблюдалось и каких-либо изменений спектра, связанных с этими "ступеньками". Поэтому для выяснения природы возникновения их необходимы дополнительные исследования.

Возникновение "ступенек" на сигнале, отраженном от резонатора со сверхпроводящей пленкой, наблюдалось также и на некоторых определенных частотах, расположенных далеко вне полосы пропускания резонатора. В отличие от предыдущих экспериментов внешнее магнитное поле здесь было отлично от нуля ($\approx 10+20$ э), причем "ступеньки" сохранялись вплоть до полей порядка 100 э. Хотя в исследованном диапазоне частот генерация в этих случаях не наблюдалась, однако весьма вероятно, что она при этом имела все же место на субгармониках частоты "подсветки", совпадающих с некоторыми частотами низших типов колебаний резонатора.

Институт радиофизики и электроники
Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию
27 июля 1967 г.

Литература

- [1] A.S.Clorfeine. Proc. IRE, 52, 844, 1964.
- [2] R.V.D'Aiello, S.J.Freedman. Appl. Phys. Lett., 9, 323, 1966.