

## РАСЩЕПЛЕНИЕ ЛИНИЙ И ЗАХВАТЫВАНИЕ ЧАСТОТЫ УЗКОПОЛОСНОЙ ГЕНЕРАЦИИ В КОРОТКИХ ОБРАЗЦАХ TaS<sub>3</sub>

*Д.В.Бородин, С.В.Зайцев-Зотов, Ф.Я.Надь*

Обнаружен сдвиг в спектре генерации сектора образца TaS<sub>3</sub> при пропускании дополнительного тока в соседнем секторе. При этом наблюдаются также эффекты расщепления линий и захватывания частоты.

В последнее время значительный интерес вызывает вопрос о механизме узкополосной генерации в квазиодномерных проводниках типа NbSe<sub>3</sub> и TaS<sub>3</sub>. Экспериментально<sup>1-5</sup> и теоретически<sup>3, 6-8</sup> было показано, что узкополосная генерация при движении волны зарядовой плотности (ВЗП) происходит скорее всего не в объеме проводника, как считалось ранее, а в приконтактной области. В данной работе экспериментально получено, что изменение условий протекания тока вблизи контакта вследствие пропускания дополнительного тока через примыкающий к этому контакту соседний сектор образца приводит в длинных образцах к сдвигу одних линий в спектре генерации при неподвижности других. В коротких образцах наблюдается расщепление линий, а также взаимная синхронизация колебаний разных частот, т. е. захватывание частоты.

Узкополосная генерация изучалась нами в образцах орторомбического TaS<sub>3</sub> с малыми поперечными размерами (площадь сечения 0,2 – 1,5 мкм<sup>2</sup>). Образцы располагались на подложке из кварцевого стекла и через специальные маски на них напылялись контактные полоски шириной 30 ± 5 мкм с минимальным расстоянием между их краями  $L \approx 20$  мкм. Сопротивление контактов при температуре 118 К не превышало 100 Ом. Пороговое поле  $E_T$  возрастало при уменьшении расстояния между контактами, начиная с  $L \approx 60$  мкм, от значений 1,5 до 5 В/см при 20 мкм<sup>1, 9</sup>. В режиме заданного тока на образце при  $I > I_T$  возникали периодические колебания напряжения с амплитудой, достаточной для непосредственной (без усреднения как в<sup>10</sup>) регистрации их частотной зависимости с помощью спектроанализатора и двухкоординатного самописца. Генерация наблюдалась в диапазоне от 0,1 до 100 МГц и ее спектр состоял из одной или нескольких фундаментальных частот и их гармоник. Среднее значение ширины линий генерации равнялось  $\approx 100$  кГц, но в наиболее совершенных образцах достигалась ширина  $\lesssim 10$  кГц, которая определялась уровнем шумов в цепи образца. С ростом тока через образец частоты всех спектральных линий возрастали прямо пропорционально току ВЗП  $I_1$ . Отклонения от линейной зависимости  $f \sim I_1$  обычно наблюдались в области низких частот до нескольких МГц и в области высоких частот ( $f \gtrsim 50$  МГц). В высокочастотной области замедление линейного роста  $f$  достигало 2% при 100 МГц и было обусловлено начинавшимся при больших токах нагревом образца. При этом, однако, в целом сохранялось относительное положение фундаментальных частот и их зависимости от  $I_1$  не пересекались.

С целью выяснения вопроса о механизме генерации и местоположении областей зарождения колебаний нами было исследовано изменение спектра генерации при локальном воздействии на приконтактную область образца. Для этого, в отличие от работ<sup>4, 5</sup>, где между контактами образца создавался градиент температуры, нами через один из соседних секторов  $B$  участков образца, например сектор  $A$  (схема на рис. 1), пропускался дополнительный (управляющий) ток  $I_A$ , протекавший также через общий контакт 2, что приводило к изменению условий протекания основного тока  $I_B$  вблизи этого контакта<sup>1, 11</sup>. Было обнаружено, что в длинных образцах ( $L \gtrsim 100$  мкм) приложение тока  $I_A$  приводит к сдвигу частоты одной группы линий в спектре генерации при неизменном (в пределах ширины линии) положении второй группы линий. Приложение управляющего тока  $I_A$  к

другому контакту сектора  $B$ , наоборот, сдвигает ранее неподвижные линии, не затрагивая первую группу линий. Эффективность такого управления спектром генерации уменьшается при возрастании длины контактов и понижении их сопротивления. В коротких образцах ( $L \sim 20 \div 40$  мкм) при изменении  $I_A$  наблюдается изменение положения практически всех линий, нелинейное по  $I_A$  (рис. 1). Частоты основной группы линий и их гармоник возрастают на 5 – 15 МГц при изменении  $I_A$  от  $-60$  до  $+80$  мкА. Однако имеется в спектре и линия, а также ее гармоники, частоты которых при этом понижаются. Характерным явлением было также и расщепление линий при изменении  $I_A$ . На рис. 2 детально показано, что одна из линий ( $f \approx 5$  МГц) с ростом тока  $I_A$  сначала мало меняет свое положение, но при  $I_A \gtrsim 3$  мкА расщепляется на две расходящиеся линии. Подобное расщепление линий в результате приложения градиента температуры было обнаружено недавно в  $NbSe_3$  <sup>5</sup>. При изменении  $I_A$  нами наблюдались также и обратные процессы: слияние и пересечение некоторых линий с первоначально ( $I_A = 0$ ) различными, гармонически не связанными частотами (рис. 1).

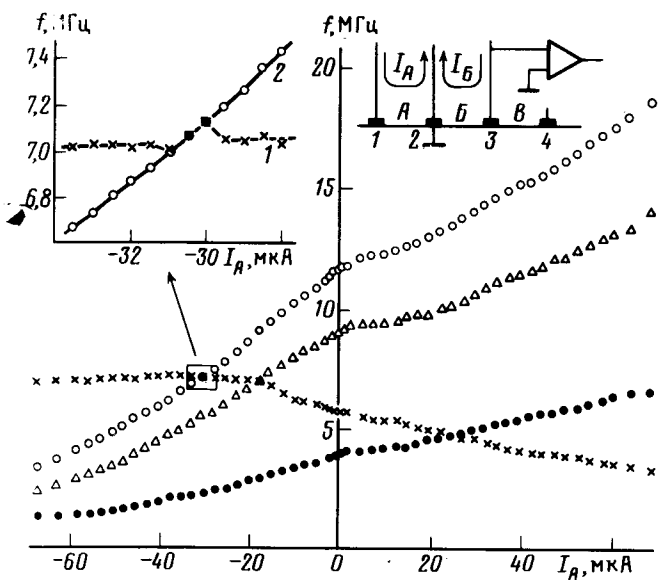


Рис. 1

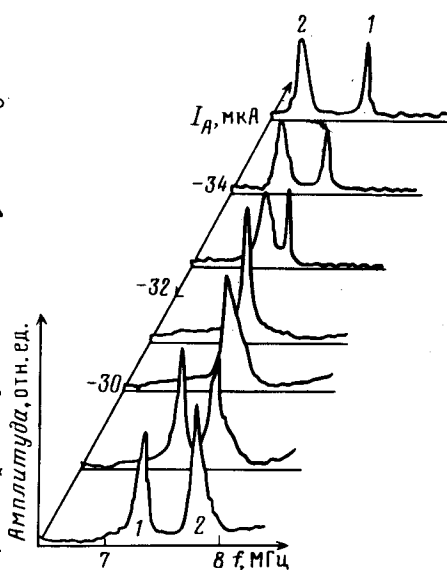


Рис. 3

Рис. 1. Зависимость фундаментальных частот узкополосной генерации образца 1 ( $L \approx 20$  мкм,  $I_B = 8,0$  мкА) от управляющего тока  $I_A$ . В увеличенном масштабе представлена часть зависимости вблизи  $I_A = -30$  мкА. Температура  $T = 118$  К. На вставке – схема измерений

Рис. 3. Видоизменение спектра генерации образца 1 в зависимости от величины управляющего тока  $I_A$  вблизи  $-30$  мкА.  $T = 118$  К

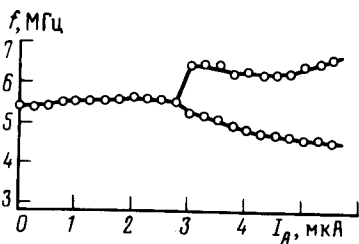


Рис. 2. Расщепление линии генерации образца 2 ( $L = 35$  мкм,  $I_B = 1,5$  мкА) при изменении управляющего тока  $I_A$ .  $T = 118$  К

На рис. 1 и на рис. 3 детально представлена область пересечения двух линий генерации. При достаточном сближении линий наблюдается скачкообразное изменение частоты линии 1 в результате чего частоты колебаний, соответствующие линиям 1 и 2, сравниваются (в пределах ширины линии  $\approx 100$  кГц). Далее в области изменения  $I_A$  на величину  $\sim 3\%$  частоты линий совпадают, а ширина объединенной линии не превышает ширину каждой из ис-

ходных (рис. 3). После чего линии расходятся. Аналогичные явления наблюдались также и для других пересекающихся линий на всех образцах. В некоторых случаях перед слиянием двух линий их амплитуда и положение по частоте становилось неустойчивым, а иногда между ними возникала и третья линия. Все эти особенности являются типичными для известного процесса захватывания частот двух связанных автоколебательных систем.

Полученные нами результаты могут быть объяснены следующим образом. В квазиодномерных проводниках при  $E = 0$  несоизмеримая ВЗП пинингуется на примесях и сильных неоднородностях, преимущественно вблизи контактов. При включении тока величиной  $I < I_T(L)$  ВЗП вначале деформируется, после чего достигается некоторое стационарное распределение электрического поля при неподвижной ВЗП<sup>7, 12</sup>. При  $I > I_T(L)$  растущий градиент фазы ВЗП периодически уменьшается путем локального (на расстоянии  $x_0$  от контакта) скачкообразного изменения фазы на  $2\pi$ <sup>6-8</sup>. В коротких образцах, где пининг ВЗП определяется контактами, этот процесс генерации колебаний, а также появление нелинейности ВАХ, становятся возможными только когда  $x_0$  оказывается меньше длины образца  $L$ . Оценки согласно<sup>7</sup> показывают, что в исследованных нами коротких образцах с  $L$  от 20 до  $\approx 100$  мкм, действительно, величина  $x_0(E_T)$  при  $E \gtrsim E_T(L)$  порядка  $L$ .

Пропускание управляющего тока  $I_A$  приводит к сдвигу линий генерации (рис. 1). Изменение частоты генерации из-за нагрева приконтактной области током  $I_A$  или его ответвления в цепь сектора  $B$ , по нашим оценкам, не превышает 100 – 200 кГц и не объясняет наблюдаемых значительных сдвигов частоты. Наиболее вероятно, что влияние управляющего тока обусловлено механизмами конверсии токов у контакта<sup>1, 2, 7, 12</sup> и изменением граничных условий для ВЗП, в частности, сдвигом границы закрепления ВЗП в секторе  $B$ <sup>1</sup>. Обнаруженное нами в длинных образцах влияние управляющего тока, пропускаемого через разные контакты сектора  $B$ , на разные линии генерации свидетельствуют о локализации генерации в приконтактной области.

В коротких образцах, где  $x_0(E_T) \lesssim L$ , области генерации у контактов, по-видимому, значительно перекрываются и при определенных условиях становится возможной синхронизация автоколебаний в этих областях. Приложение управляющего тока к одному из контактов приводит к расщеплению первоначально синхронизованных частот колебаний различных областей (рис. 2) или наоборот, к взаимному захвату частот колебаний, первоначально имевших разные частоты (рис. 1, рис. 3).

Авторы выражают благодарность Л.П.Горькову за обсуждение результатов работы и Я.С.Савицкой за предоставление образцов.

#### Литература

1. Gill J.C. Sol. St. Comm., 1982, 44, 1041.
2. Ong N.P., Verma G. Phys. Rev., 1983, B27, 4495.
3. Ong N.P., Verma G., Maki K. Phys. Rev. Lett., 1984, 52, 663.
4. Verma G., Ong N.P. Phys. Rev., 1984, B30, 2928.
5. Zhong X.J., Ong N.P. Phys. Rev., 1984, B30, 7343.
6. Горьков Л.П. Письма в ЖЭТФ, 1983, 38, 76.
7. Горьков Л.П. ЖЭТФ, 1984, 86, 1818.
8. Batistic' I., Vjeliš A., Gor'kov L.P. J. Physique, 1984, 45, 1049.
9. Mihaly G., Hutiray Gy., Mihaly L., Sol. St. Comm., 1983, 48, 203.
10. Zettl A., Grüner G. Phys. Rev., 1983, B28, 2091.
11. Латышев Ю.И., Савицкая Я.С., Фролов В.В. Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, 72.
12. Артеменко С.Н., Волков А.Ф. Письма в ЖЭТФ, 1984, 40, 74.