

06.1;06.2;08

©1995

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ $p^+ - p(\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle) - p^+$ СТРУКТУР

К.С.Аюпов, М.К.Багадырханов, Н.Ф.Зикрилаев

В работах [1-4] было сообщено об исследовании различных видов неустойчивостей тока в сильно компенсированном кремнии, легированном марганцем. Колебания тока в этих образцах по природе возникновения разделялись на несколько видов. Один из них — температурно-электрические неустойчивости (ТЭН) тока с достаточно большими амплитудами $I = 1 - 300$ мА и инфранизкой частотой $f = 10^{-3} - 10$ Гц, наблюдающейся в температурном интервале $T = 77 - 180$ К [1-2], а другой вид — неустойчивости типа рекомбинационных волн (РВ) с амплитудой $I = 10^{-6} - 10^{-4}$ А и частотой $f = 10^3 - 10^4$ Гц, возникающие при $T = 250 - 350$ К [3-4]. На основе этих колебаний были предложены и созданы твердотельные генераторы, но у них есть определенные недостатки, например для возбуждения ТЭН требуются низкие температура и освещение, а для неустойчивости типа РВ характерны малые амплитуды и коэффициент модуляции, а также присутствие большого шума. В настоящей работе предлагается решение этих проблем на основе структур $p^+ - \text{Si}\langle\text{Mn}\rangle - p^+$.

Для исследования были использованы исходные пластинки промышленного кремния марки КДБ-10. С целью получения инжектирующего $p^+ - p - p^+$ контакта на поверхности этих пластин после предварительной очистки наносились соли бора. Последующим термоотжигом при $T = 1000^\circ\text{C}$ и управлением времени отжига был получен обогащенный слой бора толщиной $d = 25 - 30$ мкм, где концентрация бора составляла $N \geq 10^{18}$ см⁻³. Таким образом были получены структуры $p^+ - p - p^+$. После этого кристаллы легировались марганцем из газовой фазы в откаченных кварцевых ампулах. Температура и время отжига выбирались таким образом, чтобы базовая область структуры имела как n -, так и p -тип проводимости с различными удельными сопротивлениями $\rho = 10 - 10^5$ Ом·см, т. е. были получены структуры $p^+ - n(\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle) - p^+$ и $p^+ - p(\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle) - p^+$. Измерения электрических свойств и вольт-амперных характеристик (ВАХ) таких структур проводились последующим

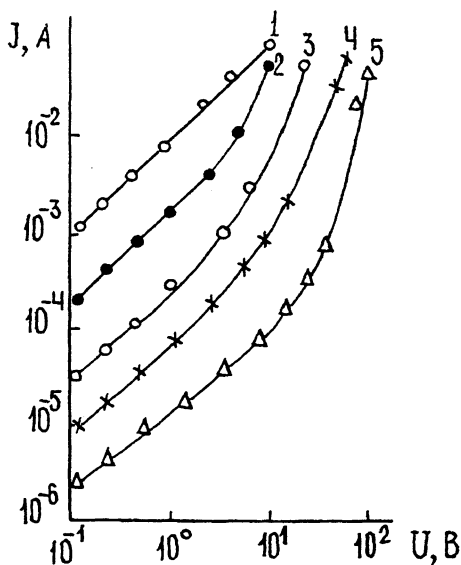


Рис. 1. Зависимость ВАХ p^+-p-p^+ структур от удельного сопротивления базовой области: 1 — $\rho \sim 10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$; 2 — $\rho = 8 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{см}$; 3 — $6 \cdot 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$; 4 — $4 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$; 5 — $1.4 \cdot 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

соединением образца с источником постоянного тока и переменным нагрузочным сопротивлением, что позволило поддерживать режим генератора напряжения.

ВАХ таких структур p^+-p-p^+ на основе $\text{Si}(\text{Mn})$ имеет сложный характер, наблюдаются явно выраженные три участка: линейный, квадратичный и участок резкого роста. Установлено, что с увеличением удельного сопротивления базы структуры начало участков квадратичного и резкого роста тока смещается в сторону высоких напряжений. После резкого роста тока при некотором значении напряженности электрического поля начинаются хаотические колебания тока и с увеличением напряженности электрического поля переходят к регулярным синусоидальным. В некоторых случаях форма колебаний имела пиковый характер. Результаты исследования показали, что стабильные регулярные колебания наблюдаются в структурах $p^+-p(\text{Si}(\text{Mn}))-p^+$, где удельное сопротивление базы варьировалось в интервале $\rho = 10-10^5 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, $T = 300 \text{ К}$ (рис. 1). В отличие от $p^+-p(\text{Si}(\text{Mn}))-p^+$ структур, в $p-n(\text{Si}(\text{Mn}))-p^+$ структурах независимо от ρ базовой области не наблюдается участок вертикального роста и не удалось обнаружить колебания тока в широком интервале напряженности электрического поля.

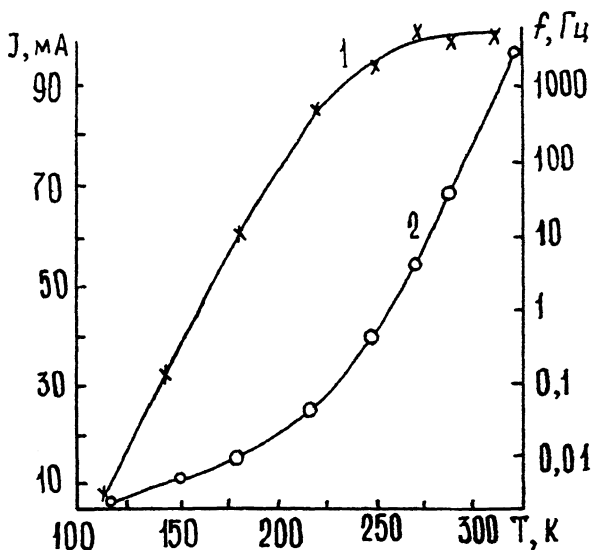


Рис. 2. Зависимость амплитуды (1) и частоты (2) инжекционных колебаний от температуры.

Для определения области существования колебаний от температуры нами было исследовано влияние температуры на условия возбуждения и параметры колебаний тока. Исследования показали, что наблюдаемые нами колебания существуют в интервале температур $T = 77-350$ К, при этом установлено, что с ростом температуры пороговое поле E_n колебаний медленно уменьшается, а частота и амплитуда растут (рис. 2).

Сравнение условий возбуждения параметров обнаруженных нами колебаний с ранее известными неустойчивостями типа $[3-8]$ ТЭН и РВ показали, что в нашем случае нет необходимости освещения, колебания наблюдаются в широком интервале температур от азотной до 350 К, амплитуда колебаний изменяется на два-три порядка больше, чем в неустойчивости РВ, глубина модуляции достигает $\sim 100\%$, форма колебаний тока отличается четкостью и стабильностью. Это позволяет создать новые типы твердотельных генераторов со стабильными и управляемыми параметрами, не требующие особых условий (больших напряженностей электрического поля, освещенности, низких температур). Созданные в лабораторных условиях твердотельные генераторы на основе $\text{Si}(\text{Mn})$ в структурах $p^+ - p - p^+$ имел следующие параметры: $E = 180-1600$ В/см, $I = 10^{-6} - 3 \cdot 10^{-1}$ А, $f = 10^{-3} - 10^4$ Гц, $T = 77-350$ К.

Список литературы

- [1] Базадырханов М.К., Зикриллаев Н.Ф. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 12. С. 2220.
- [2] Базадырханов М.К., Турсунов А.А., Аскароев Ш.И., Зикриллаев Н.Ф. // ФТП. 1987. Т. 21. В. 2. С. 379.
- [3] Базадырханов М.К., Парманкулов И.П. // ФТП. 1989. Т. 23. В. 9. С. 1646.
- [4] Базадырханов М.К., Зикриллаев Н.Ф., Турсунов А.А., Аскароев Ш.И. // ФТП. 1988. Т. 22. В. 9. С. 1750.
- [5] Завадский Ю.И., Корнилов Б.В. // ФТТ. 1969. Т. 11. В. 6. С. 1494.
- [6] Кальвенеас С.П., Пучинскас А.А. // ФТП. 1979. Т. 13. В. 9. С. 1752.
- [7] Богун П.В., Карпова Б.В., Корнилов Б.В., Привезенцев В.В. ФТП. 1980. Т. 14. В. 6. С. 1224.
- [8] Абдинов А.Ш., Мамедов В.К., Халаев Э.Ю. // ФТП. 1980. Т. 14. В. 4. С. 754.

Ташкентский государственный
технический университет

Поступило в Редакцию
19 июля 1994 г.
В окончательной редакции
25 января 1995 г.