

При этом  $\hat{k} = k_0 \gamma_0 - k_3 \gamma_3$ ,

$$f(x_{\perp}, x'_{\perp}) = \exp \left\{ -\frac{\gamma}{4} [(x_1 - x'_1)^2 + (x_2 - x'_2)^2 + 2i(x_1 + x'_1)(x_2 - x'_2)] \right\},$$

а для  $M(k^2)$  можно брать выражение (9). Здесь, конечно, следует иметь в виду, что поскольку применимость двумерной спинорной электродинамики ограничена областью  $(p^2 - m^2)/\gamma \ll 1$ , то полученные результаты оправдывают себя, если основной вклад в интеграл по импульсам электрона в виртуальных состояниях ( $d^2p$ ) приходится на малые  $p$ . Разбивая (7) на две части ( $|p^2| < \gamma$  и  $|p^2| \geq \gamma$ ) и оценивая вклад обеих областей интегрирования, можно убедиться, что вклад от области  $|p^2| \geq \gamma$  по порядку величины в  $\ln(\gamma/m^2)$  раз меньше вклада от области  $|p^2| < \gamma$ . Стало быть, использованное приближение во всяком случае должно давать главную степень  $\ln(\gamma/m^2)$  при  $\gamma \gg m^2$ .

Заметим, что на массовой поверхности из (9) следует известный результат [11, 12]:

$$M(m^2) = m \frac{\alpha}{4\pi} \ln^2(2\gamma/m^2).$$

Авторы благодарны В. Р. Халилову за обсуждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скобелев В. В. — «Изв. вузов. Физ.», 1975, 10, 142.
2. Лоскутов Ю. М., Скобелев В. В. — «Phys. Lett.», 1976, 50A, 151.
3. Лоскутов Ю. М., Скобелев В. В. — «Вестн. Моск. ун-та. Физ., астр.», 1976, № 4, 387.
4. Лоскутов Ю. М., Скобелев В. В. — ТМФ, 1976, 29, 65.
5. Скобелев В. В. Дип. ВИНТИ, № 51—76, 1976.
6. Скобелев В. В. — ЖЭТФ, 1976, 71, 1263.
7. Скобелев В. В. — ЖЭТФ, 1977, 72, 1298.
8. Лоскутов Ю. М., Скобелев В. В. — «Вестн. Моск. ун-та. Физ., астр.», 1972, № 5, 601.
9. Боголюбов Н. Н., Широков Д. В. Введение в теорию квантованных полей. М., 1973.
10. Demeur M. — «Acad. R. Belg. Cl. Sci. Mem.», 1953, 28, N 5, 1643.
11. Jancovici B. — «Phys. Rev.», 1969, 187, 2275.
12. Tsai W., Yildiz A. — «Phys. Rev.», 1973, D8, 3446.
13. Байер В. Н., Катков В. М., Страховенко В. М. — ЖЭТФ, 1974, 67, 453.
14. Байер В. Н., Катков В. М., Страховенко В. М. — ЯФ, 1976, 24, 379.
15. Тернов И. М., Багров В. Г., Бордовицын В. А., Дорофеев О. Ф. — ЖЭТФ, 1968, 55, 2273.

Поступила в редакцию

25.5 1977 г.

Кафедра  
теоретической физики

УДК 535.24.34

**В. П. Гуськов**

**И. В. Иванов**

**Е. И. Рукин**

**РЕЗОНАНСНАЯ**

**АВТОТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ**

**СЕГНЕТОКЕРАМИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ**

Эффект резонансной автотермостабилизации [1—3] реализован в сегнетокерамической пленке. Пленка ВК-7 [4] толщиной 200 мкм и площадью  $10 \times 10$  мм, металлизированная с двух сторон, была включена в качестве конденсатора в колебательный контур. При возбуждении контура источником переменного напряжения температура пленки, нагреваемой теплом диэлектрических потерь, автоматически принимает значение, при котором собственная частота контура становится практически равной частоте возбуждения. Как следует из теории эффекта резонансной автотермостабилизации [1, 5], фактор стабилизации температуры пленки  $S_e = \Delta T_e / \Delta T_0$  ( $\Delta T_e$  — изменение эффективной температуры пленки при изменении температуры окружающей сре-

ды  $T_0$  на величину  $\Delta T_0$ ), определяемый добротностью колебательной системы, мощностью источника возбуждения и температурным коэффициентом емкости, будет тем меньше, чем меньше мощность теплоотдачи с поверхности в окружающую среду. В описываемой системе теплоотдача в основном определялась конвективными потоками воздуха, так как пленка не была защищена теплоизолирующей оболочкой.

Оценки показали, что в условиях  $T_e - T_0 \leq 100^\circ\text{C}$  конвективные потери соответствуют коэффициенту теплоотдачи порядка  $10^{-3}$  Вт/град. При этом ожидаемый эффект ( $S \approx 10^{-2}$ ) — в пределах допустимых изменений температуры окружающей среды. Оценки длительности переходных процессов (изменений стабилизируемой температуры при скачкообразных изменениях частоты возбуждения или индуктивности контура) дали порядок 1 с. Все ожидаемые показатели были зафиксированы в эксперименте. На рис. 1 изображены графики приращений стационарной температуры пленки, соот-

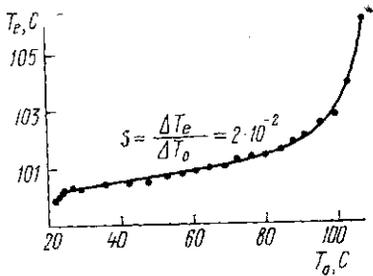


Рис. 1

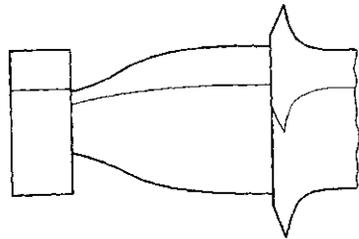


Рис. 2

ветствующие изменениям температуры окружающей среды (термостата). Наклон кривых  $T_e = f(T_0)$  соответствует величине  $S = 2 \cdot 10^{-2}$ . Стабилизируемая температура менялась при изменении частоты источника переменного напряжения от  $40^\circ\text{C}$  (при частоте  $50$  кГц) до  $130^\circ\text{C}$  (при частоте  $90$  кГц). На рис. 2 представлена оциллограмма процессов установления амплитуды колебаний в контуре, соответствующих установлению температуры пленки  $T_e$  (сначала более низкой  $T_{e1}$ , затем более высокой  $T_{e2}$ ;  $\Delta T_e = 5,5^\circ\text{C}$ ). Изменения температуры следовали за скачкообразными изменениями индуктивности контура. Как следует из оциллограммы, переходные процессы имеют длительность  $1,5$  и  $0,5$  с. Нагревание пленки происходит за более короткий промежуток времени, так как при этом в системе действуют избыточные источники тепла диэлектрических потерь. На оциллограмме видно, что в процессе нагревания система проходит через резонанс. При любом изменении условий (частота возбуждения, индуктивность контура и др.) изменения температуры пленки происходят монотонно с асимптотическим подходом к новым значениям температуры.

Все наблюдаемые свойства резонансной стабилизации температуры пленки: высокая степень стабильности температуры, малая длительность переходных процессов, их асимптотический характер, возможность изменения стабилизируемой температуры простыми средствами, допустимость изменения температуры окружающей среды в широких пределах делают сегнетоэлектрический пленочный термостабилизируемый элемент весьма перспективным. Этот элемент может быть применен в качестве термостабилизирующей подложки в устройствах микроэлектроники, в качестве планарного нагревателя с однородным распределением тепловых источников и т. д.

Авторы благодарны В. С. Лихачеву за помощь в эксперименте. Авторы выражают также благодарность Т. Н. Вербицкой, любезно предоставившей пленки ВК-7 для эксперимента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов И. В. — «Радиотехника и электроника», 1968, 13, № 7, 1291.
2. Иванов И. В., Семенова Т. Г. — «Вестн. Моск. ун-та. Физ., астр.», 1972, 11, № 5, 86.
3. Иванов И. В., Гуськов В. П. Авт. свид. № 454431. Бюлл. изобр. № 47, 1974.
4. Вербицкая Т. Н. — Титанат бария. М., 1973, с. 171.
5. Ivanov I. V. — «Ferroelectrics», 1972, 4, 1, 9.

Поступила в редакцию  
27.5 1977 г.  
Кафедра физики колебаний