СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алахов Е. К. Прибор на отражательном клистроне в автодинном режиме на волне 3,2 см для измерения круговых диаграмм вторичного излучения.— Изв. вузов. Приборостроение, 1965, № 2, с. 28—33.
2. Гершензон Е. М., Путилов П. А. Автодинный радиоспектрометр 8-мм диапазона на отражательном клистроне. — Приборы и техника эксперимента, 1970, № 2, с. 144—147.
3. Туманов Б. Н., Бузыкин В. Т., Риттель Ф. Г. Расчет автодинной чувствительности на резонансной ЛОВ.— В кн.: Радиофизика и исследования свойств вещества. Омск, 1976, с. 42—46.
4. Кузнецов О. В. Исследование автодина на ЛПД.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1979, № 7, с. 52—57.
5. Тамарчак Д. Я., Хотунцев Ю. Л. Поведение синхронизованного генератора при воздействии сильных сигналов с изменяющейся частотой.— Радиотехника и электроника, 1977, 22, № 7, с. 1432—1438.
6. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. Т. 2. М., 1972, с. 375.
7. Девятков М. Н., Костиенко А. И., Пирогов Ю. А., Романюк С. К. Исследование отражательных клистронов в режимах детектирования и смешения.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1970, № 9, с. 86—90.
8. Лебедев Р. В. Детектирование на отражательных клистронах сантиметрового диапазона.— Вестн. Моск. ун-та. Физ., астрон., 1978, 19, № 6, с. 64—67.
9. Гвоздовер С. Д. Теория электронных приборов СВЧ. М., 1956, с. 527.
10. Пирогов Ю. А. О механизме детектирования СВЧ-сигналов с помощью отражательных клистронов.— Вестн. Моск. ун-та. Физ., астрон., 1971, 12, № 6, с. 661—667.

Поступила в редакцию
09.07.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 621.317.33; 539.378.6

М. Н. ДЕВЯТКОВ, Г. И. ДЬЯКОНОВ

ЗАВИСИМОСТЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТГС ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОБРАЗЦОВ В ВОСЬМИМИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Исследования диэлектрических характеристик сегнетоэлектрических материалов в диапазоне СВЧ представляет интерес как с точки зрения создания различных устройств этого диапазона на основе сегнетоэлектриков, так и с точки зрения изучения физических процессов в самих материалах. Последнее представляет особый интерес для некоторых сегнетоэлектриков типа «порядок-беспорядок», например для ТГС, где динамика полярных атомных групп [1] обусловливает дисперсию диэлектрической проницаемости в области частот, относящихся к диапазону СВЧ. Экспериментальным исследованиям таких свойств ТГС был посвящен ряд работ, в которых авторы пользовались короткозамкнутым отрезком волновода с образцами резонансной толщины [2, 3], коаксиальной линией [4, 5] и с применением измерительного конденсатора [6]. Характерной особенностью ТГС в этом диапазоне частот является наличие минимума зависимости диэлектрической проницаемости от температуры в окрестности точки Кюри. Следует отметить, однако, что глубина минимума и частота, с которой начинается уменьшение диэлектрической проницаемости, у разных авторов имеют различные значения, что объяснялось различиями в дефектности структуры кристаллов [1].

В настоящей работе приведены результаты измерения комплексной диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика ТГС в восьмимиллиметровом диапазоне методом короткозамкнутого волновода [7, 8, 9]. По сравнению с резонансным этот метод позволяет измерять зависимость комплексной диэлектрической проницаемости от температуры, не производя при этом перестройки частоты или изменения размеров образцов. Это позволило обнаружить и проследить зависимость диэлектрической проницаемости ТГС от размеров образца при различных температурах. Вариация размеров проводилась в направлении, перпендикулярном оси спонтанной поляризации (изменялась толщина пластинки ТГС, помещенной в волновод).

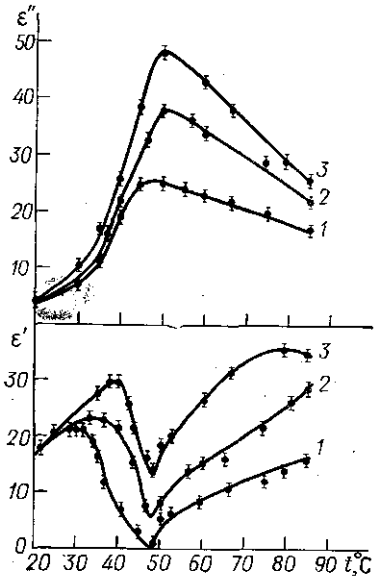

Рис. 1. Зависимость ε′ и ε″ от температуры на частоте 40 ГГц при различных толщинах образца: d=1,10 мм (*1*), 0,48 мм (*2*) и 0,30 мм (*3*)

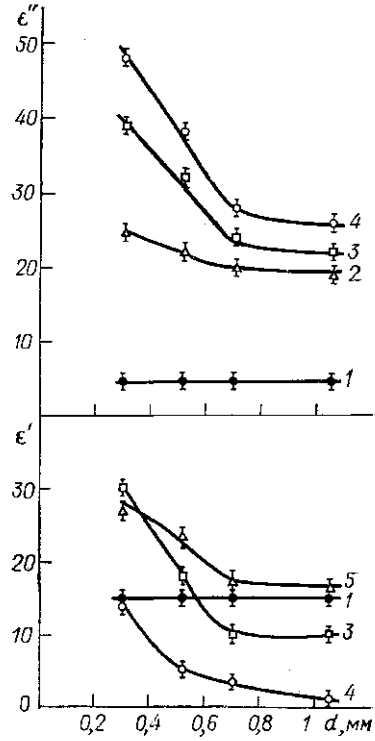

Рис. 2. Зависимость ε′ и ε″ от толщины образца на частоте 40 ГГц при различных температурах: T=20°С (*1*), 40°С (*2*), 65°С (*3*), 49°С (*4*) и 35°С (*5*)

В процессе измерения определялся комплексный коэффициент отражения электромагнитной волны от короткозамкнутого отрезка волновода, сечение которого полностью заполнено исследуемым сегнетоэлектриком, а затем численным расчетом на ЭВМ по известным трансцендентным соотношениям [7, 8, 9] определялась комплексная постоянная распространения электромагнитной волны в исследуемом материале. Из постоянной распространения легко определяются значения действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости ε′ и ε″.

Измерения коэффициента отражения осуществлялись с помощью измерительной линии. Смещение стоячей волны и толщина образцов исследуемого диэлектрика измерялись с точностью ±0,005 мм, темпе-

ратура ±0,5 К и КСВН — 5%. В результате максимальная относительная ошибка в определении ε'' составляла не более 20%, а для ε' — не более 15% во всем интервале температур, за исключением области фазового перехода, где абсолютная ошибка возрастала и была равна ±2. Наибольший вклад в ошибку давали погрешности в определении толщины образца и КСВН.

Образцы размером $7{,}2\times3{,}4\times d$ мм^3, где d — толщина образца, вырезались из монокристалла ТГС так, чтобы ось спонтанной поляризации была ориентирована перпендикулярно широким стенкам волновода.

Температурные зависимости снимались при фиксированных толщине образца d и частоте f; мощность СВЧ-сигнала, поступающего в тракт в процессе измерений, была не более 5 мВт.

Экспериментальные зависимости диэлектрической проницаемости ε'' и ε' от температуры при различных значениях d приведены на рис. 1. Как видно из графиков, при уменьшении толщины образца растут величины ε' и ε''.

Обнаруженная в процессе исследований зависимость диэлектрической проницаемости ε' и ε'' ТГС от толщины образца d при различных температурах представлена на рис. 2. Из графиков следует, что наиболее сильно зависимость от толщины (рост диэлектрической проницаемости при уменьшении d) начинает сказываться при размерах образца $d<0{,}6$—$0{,}7$ мм. При температурах ниже 25°С зависимость от геометрических размеров отсутствует. Интересно заметить, что в работах [10, 11], в которых описывается зависимость других электрических характеристик ТГС от толщины образца (правда, в отличие от нашего случая, она варьировалась вдоль оси спонтанной поляризации), отмечается тот же характерный размер.

Особенности рассмотренных зависимостей сохранялись при измерениях на образцах, приготовленных из различных монокристаллов ТГС, в том числе выращенных различными способами. Отмеченные особенности наблюдались в диапазоне частот 28—42 ГГц.

Полученные данные показывают, в частности, что измерения диэлектрических характеристик ТГС волноводным методом с резонансными толщинами образцов (см. работы [2, 3]) могут приводить к неточным зависимостям от температуры и частоты, поскольку каждая точка этих зависимостей измеряется при измененных размерах.

Можно предположить, что рост диэлектрической проницаемости с уменьшением толщины образцов связан с увеличением относительного вклада в измеряемую величину приповерхностных слоев кристалла, отличающихся по структуре и электрофизическим свойствам от внутренней части образцов; это отличие начинает более сильно сказываться по мере приближения к точке Кюри. При этом, кстати, измерения диэлектрической проницаемости могут послужить основой метода исследования состояния поверхностных слоев, параллельных вектору спонтанной поляризации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поплавко Ю. М. Исследования сегнетоэлектриков методом диэлектрической спектроскопии.— В кн.: Диэлектрики и полупроводники. Межведомственный научный сборник. Киев, 1977, вып. 11, с. 92—103.
2. Переверзева Л. П., Поплавко Ю. М. Дисперсия диэлектрической проницаемости триглицинсульфата в окрестности фазового перехода.— Кристаллография, 1973, 18, с. 784—787.
3. Поплавко Ю. М., Переверзева Л. П., Мериакри В. В., Ушаткин Е. Ф., Огурцов С. В., Ящишин П. И. Частотные спектры триглицин-

сульфата в интервале температур 80—380 К.— Укр. физ. журнал, 1974, **19**, № 10, с. 1688—1696.
4. Luther G., Muzer H. E. Zum dielektrischen Verhalten von Triglyzinsulfat im Bereich von 0,5 bis 4,5 GHz.— Zeitschrift für Naturforschung, 1969, **24-A**, p. 389—392.
5. Luther G. Dielectric dispersion of ferroelectric triglycine sulphate in the microwave region.— Phys. stat. sol. (a), 1973, **20**, p. 227—236.
6. Hill R. M., Ichiki S. K. Polarization relaxation in triglycine sulfate above the Curie temperature.— Phys. Rev., 1962, **128**, p. 1140—1145.
7. Хиппель А. Р. Диэлектрики и волны. М., 1960, р. 114—119.
8. Тишер Ф. Техника измерений на сверхвысоких частотах. М., 1963, с. 266—300.
9. Брандт А. А. Исследования диэлектриков на сверхвысоких частотах. М., 1963, с. 191—197.
10. Сонин А. С., Гладкий В. В. О зависимости диэлектрических свойств пластинок триглицинсульфата от их толщины.— Кристаллография, 1960, **5**, с. 145—147.
11. Abhai Mansingh, Eswar Prasad SRJ. The surface layer effect in TGS, KDP and Rochelle salt.— J. Phys. D: Appl. Phys., 1976, **9**, p. 1379—1386.

Поступила в редакцию
13.11.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1980, Т. 21, № 6

УДК 533.951

М. МАРЕНЧАК (ЧССР), А. П. РЯЗИН

ОБ ИЗБЫТОЧНОМ ИЗЛУЧЕНИИ ПЛОТНОЙ АЗОТНОЙ ПЛАЗМЫ ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ 13000—15000 К

Экспериментальные исследования излучения низкотемпературной азотной плазмы [1—3] (см. также цитированные в [1] работы) установили факт превышения измеренных значений интенсивности излучения в континууме видимой и ультрафиолетовой областей спектра над расчетными значениями в диапазоне температур 10 000—15 000 К при давлениях порядка 10^5 Па. В [4] природа избыточного излучения низкотемпературной азотной плазмы связывается с резонансом в упругом рассеянии электронов на атомах азота в состоянии $^4S^0$. В настоящей работе предложен экспериментальный метод выделения избыточного излучения, основанный на явлении обращения, и обсуждается возможный механизм возникновения избыточного излучения.

Азот нагревался отраженной от торца ударной волной в ударной трубе [5]. Начальное давление исследуемого газа во всех опытах составляло 400 Па. Скорость падающей ударной волны измерялась с помощью ионизационных датчиков с точностью 3%. Явление обращения наблюдалось в газе на расстоянии 1,5 мм от торца. Зондирующим источником света при этом служил разряд силой тока 9 кА через отверстие диаметром 2 мм в 10-миллиметровой пластине текстолита [6].

Оптическая схема экспериментальной установки изображена на рис. 1. Для исключения неконтролируемого влияния излучения исследуемого газа, отраженного от селективного светофильтра, последний устанавливался под небольшим углом к оптической оси. Изображение зондирующего источника света с однократным увеличением проецировалось на центр ударной трубы. Разрешающая способность регистрирующей аппаратуры составляла по времени 0,2 мкс и по пространству 0,3 мм.