

Горение азота в поле СВЧ.

В Интернете есть много инструкций о том, как получать шаровую молнию в СВЧ-печке, или микроволновке. Приведены видео, когда внутри печки возникает пламя. Эти опыты были мною повторены.

Согнув из проволоки кольцо, положил его на вращающуюся стеклянную тарелку и включил печку. Периодически стало вспыхивать пламя, которое подымалось вверх и гасло. Оранжевый цвет пламени был мне хорошо знаком – это цвет искусственных шаровых молний, которые мы получали на импульсном генераторе ГИН и на трехконтурном трансформаторе Теслы, что послужило причиной начала экспериментов. Первое время использовалась печка без каких-либо переделок, а потом только магнетрон от этой печки. Результаты экспериментов приведены ниже.

Возбуждение пламени в поле СВЧ.

Кроме наличия СВЧ-поля, пламя необходимо возбудить, или зажечь. Для этого нужна первоначальная иницилирующая искра. Экспериментально проверены три метода ее получения.

1. Использование самого поля СВЧ. Для этого можно применить электрическую или магнитную антенну с искровым промежутком. Для электрической антенны может быть использован полуволновой диполь, для магнитной – виток с диаметром в четверть длины волны.
2. Использование искры от внешнего источника.

3. Использование микроразрядов в проводящих структурах. Здесь микроразряды также получают с помощью собственного поля СВЧ. Самый простой способ получения – использовать древесный уголь. Оставшийся проводящий остов из углерода в поле радиоволны начинает искрить. Проще всего взять прогоревшую спичку и расположить ее так, чтобы она имела некоторую протяженность вдоль электрической компоненты поля.

Продукты горения.

Продуктами горения пламени в СВЧ-поле является двуокись азота NO_2 . Концентрация двуокиси азота измерялась взятием проб воздуха резиновой грушей и измерением его состава газоанализатором МГЛ-19. Значения концентрации имеют высокие значения, обычно выходящие за рабочий диапазон прибора в 20 мг/м^3 , даже при работе устройства 5 сек.

При проведении экспериментов, кроме воздуха, никаких горючих веществ внутри волновода не находилось.

Температура пламени.

Температура пламени измерялась дистанционно с помощью пирометра FLUKE 62 MAX+.

Значения его температуры обычно на несколько градусов выше температуры окружающего воздуха, что приводит к всплыванию пламени в соответствии с законом Архимеда. Мы объясняем это повышение температуры нагревом от иницилирующего элемента, производящего начальную искру, который может сильно нагреваться в

поле радиоволны. Сама реакция окисления азота, судя по всему, нейтральные частицы не нагревает.

Эксперименты показывают, что диэлектрики от пламени азота также не нагреваются.

Температура электронов.

Электроны в пламени азота, в отличие от нейтралов, имеют высокую температуру. Проводящий металлический предмет, контактирующий с пламенем, быстро нагревается, плавится или горит.

На рис.10 показана железная пластинка, помещенная в пламя на 10 сек. Наблюдается разрушение поверхности металла, вызванное токами плазмы.

На рис. 11 показаны осциллограммы напряжений в двух точках плазмы, разнесенных на 1 см относительно центральной. Напряжения достигают нескольких сотен вольт и имеют стохастический характер. Такие измерения заканчиваются плавлением или сгоранием электродов.

Плазма горящего азота имеет неравновесный характер, когда нейтралы холодные, а электроны горячие. Энергия такой плазмы определяется потоками электронов.

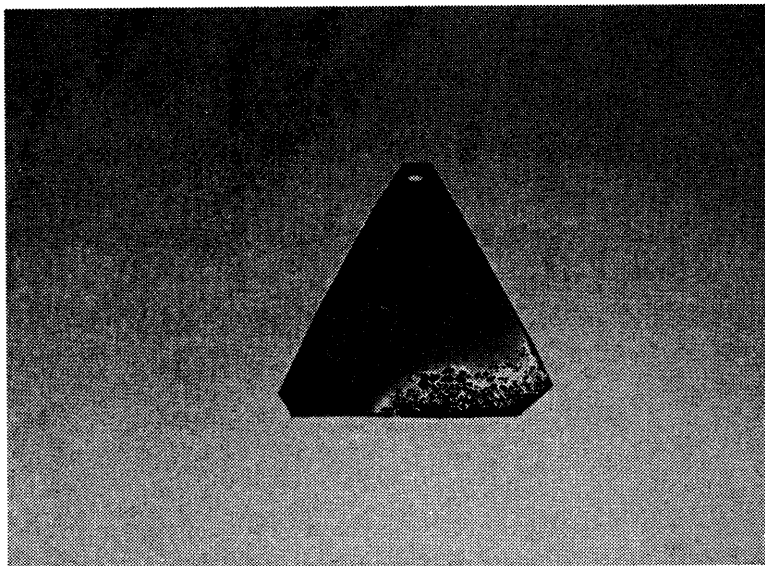


Рис. 10. Следы прохождения токов на металлической пластине в пламени азота.

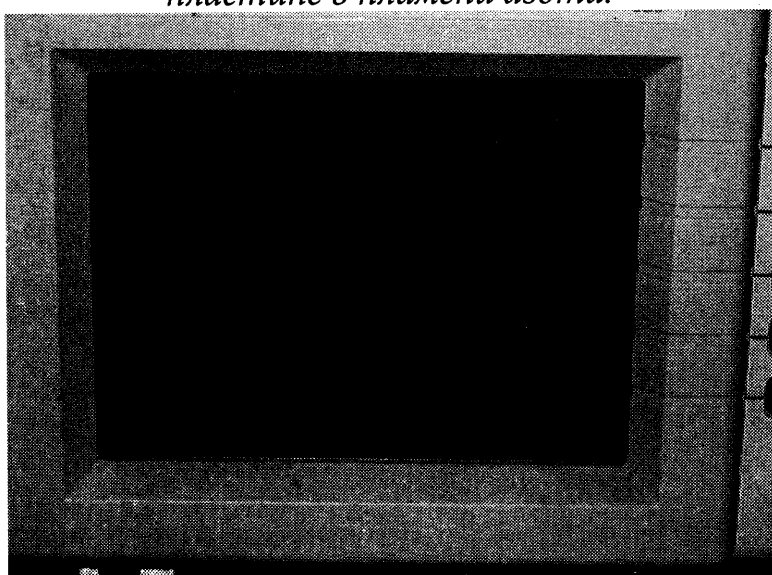


Рис. 11. Осциллограммы напряжений внутри пламени азота.

Энергия горения азота.

Для измерения энергии горения азота мы выбрали тепловое воздействие пламени на металлическую поверхность. Такой способ заведомо занижает энергию пламени, поскольку в нагревании пластины участвует не весь его объем, а только часть, непосредственно примыкающая к поверхности металла. Но в случае, если мы не ставим задачу максимального отбора энергии, а хотим убедиться в экзоэргичности процесса, достаточно зафиксировать превышение энергии горения над поступившей энергией от СВЧ.

Конструкция стакана-теплообменника показана на рис.12. Его металлическое дно имеет конусообразную форму, чтобы увеличить площадь контакта с пламенем азота. В стакан наливается вода, а сам он устанавливается на волноводе, как показано на рис. 13.



Рис.12. Стакан-теплообменник между пламенем азота и водой.

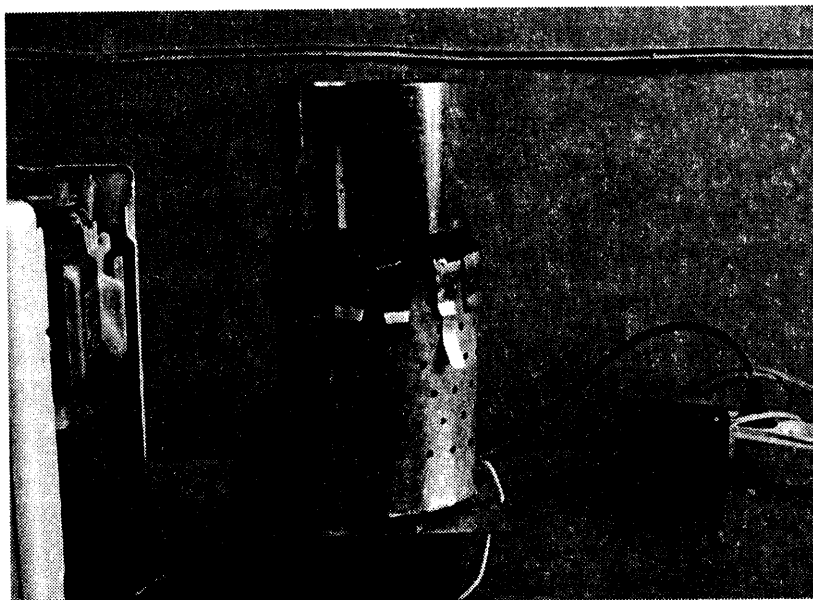


Рис. 13. Измерение энергии горения азота.

При измерениях поджигалась плазма, она концентрировалась возле дна и нагревала его. Воздействие на воду прямой радиоволны исключалось, поскольку она через металлическое дно теплообменника не проходит.

Для измерения подводимой энергии использовалась схема, показанная на рис. 14.

Собирался составной резонатор, в него помещалась стеклянная банка с водой, дно которой находилось на уровне дна теплообменника, и магнетрон включался в штатном режиме нагрева, без поджигания плазмы.

Количество тепловой энергии в обоих случаях вычислялось по формуле:

$$Q = cm \Delta T$$

Здесь: Q - энергия, c - теплоемкость воды, m - масса воды, ΔT - разность температур.

Величина измеренной энергии горения азота в нашей схеме зависит от площади контакта с дном теплообменника. Для плоского дна тепловая энергия составляла 60% от подводенной, для конического дна с высотой конуса 3 см и диаметром основания 10 см – 120%.

Последнее значение относительной энергии говорит о том, что плазмозимическая реакция окисления азота имеет экзоэргический характер.

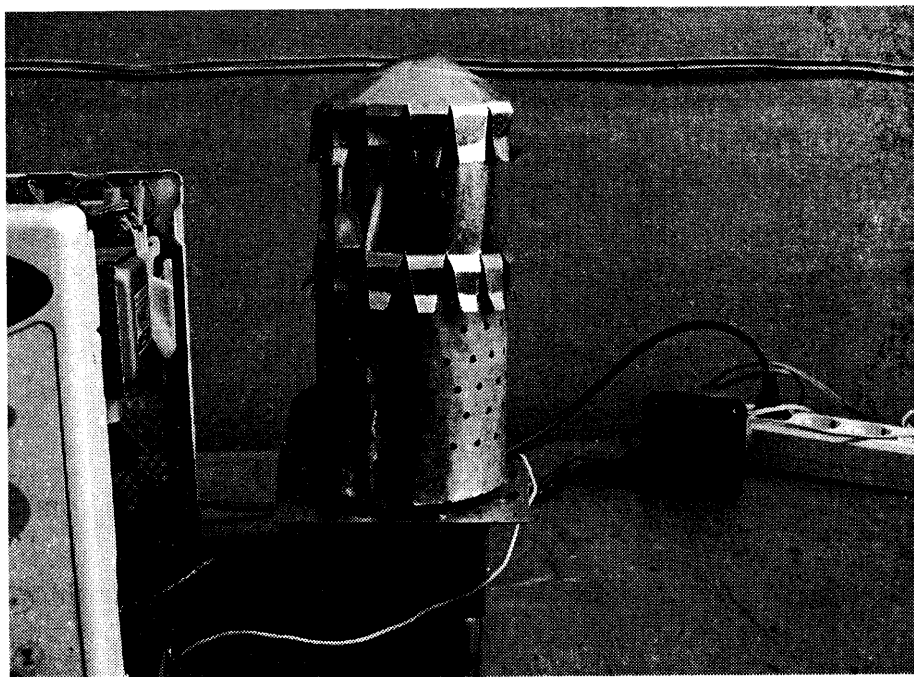


Рис. 14. Измерение подводимой энергии.

Выводы.

Пламя горящего азота в СВЧ-поле представляет собой неравновесную плазму с температурой нейтралов, близких к температуре окружающего воздуха, и с высокой температурой электронов. В плазме протекают большие токи, величина и направление которых носит случайный характер.

Плазмохимический процесс окисления азота имеет экзоэргический, с выделением энергии, характер.

Протекание реакции связано с колебательным возбуждением молекул азота и кислорода радиоволной, излучаемой магнетроном.

Получаемое нами пламя горящего азота такое же, что и в опытах Николы Теслы, с той разницей, что он использовал электрические колебания более низкой частоты.

Экспериментально воспроизведенная нами плазмохимическая реакция окисления азота имеет ту же природу, что и в шаровой молнии. Различие ее протекания в том, что потоки электронов в плазме шаровой молнии имеют упорядоченный характер в связи с появлением волны Холла и приводят к возникновению автогенератора радиоволн, роль которого в наших опытах играл магнетрон. Поэтому термин «шаровая молния в микроволновке», распространенный в Интернете, имеет под собой основание.