

СТВОРЕННЯ ПЛАЗМИ ЯГОДАМИ ВІНОГРАДУ У НВЧ-ПІЧІ

Скляр А.Г.

Науковий керівник – ас. кафедри фізики Кравченко С.Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. фізики, тел. (057) 702-13-45)

The sparking of cut grape hemispheres in a household microwave oven has been a poorly explained Internet parlor trick for over two decades. By expanding this phenomenon to whole spherical dimers of various grape-sized fruit and hydrogel water beads, was demonstrated that the formation of plasma is due to electromagnetic hotspots arising from the cooperative interaction of Mie resonances in the individual spheres. The large dielectric constant of water at the relevant gigahertz frequencies can be used to form systems that mimic surface plasmon resonances that are typically reserved for nanoscale metallic objects. The absorptive properties of water furthermore act to homogenize higher-mode profiles and to preferentially select evanescent field concentrations such as the axial hotspot.

Деякі фізичні феномени досі не мають чіткого пояснення, або потребують більш детального дослідження. Одним з таких явищ є так звана “виноградна плазма”. Було помічено що між двома ягодами, які знаходяться під дією НВЧ випромінювання, виникають спалахи що запалюють плазму.

Завдяки отриманню термограмм та моделюванню скінченних елементів було з’ясовано що виноградини створюють резонансні порожнини в своїх центрах, які концентрують мікрохвилі до значно менших довжин хвиль, що й призводить до створення плазми. До цього подібний ефект спостерігався лише у металевих нанооб’єктах.

Раніше вважалося що саме поверхневі шари ягід створюють коротку дипольну антену, але ефект спостерігався навіть на гранулах гідрогелю, які не мають зовнішньої оболонки, цей ефект спостерігався на них доки гранули мали фізичний контакт одна з одною.

За допомогою термограмм було з’ясовано, що при наявності у пічі лише однієї кульки вона прогрівається зсередини, на відміну від звичайної їжі яка прогрівається починаючи з зовнішніх шарів.

У сферичних гранулах гідрогелю (або ягодах винограду) за рахунок їх високого показника заломлення і тому що вони поглинають лише частину випромінювання створюються порожнини резонуючі на частоті 2.4 ГГц. Це явище є випадком класичної задачі електродинаміки, розв’язаної у 1908 році німецьким фізиком Густавом Мі для частинки будь-якого розміру -

Розсіювання світла сферичною частинкою. Задача розглядає розсіювання електромагнітної хвилі з напруженістю електричного поля:

$$E = E_0 e^{ik \cdot r - i\omega t}$$

де ω — частота, k — хвильовий вектор, а E_0 — амплітуда хвилі, на сферичній частинці з радіусом R і діелектричною проникністю ε .

У випадку коли дві кульки знаходяться одна біля одної Мі резонанси додаються один до одного і створюють точку з дуже високою температурою в точці контакту досліджуваних об'єктів. Ця гаряча точка має достатньо високу напруженість поля, щоб іонізувати іони натрію і калію в плодах, і запалити плазму, вона обмежена дуже маленькою областю - порядку 1/100 довжини хвилі. Ця гаряча точка подібна до тієї, що знайдена в плазмонних резонансах металевих наносфер. Цей ефект може бути використаний для концентрації світла, за умови якщо буде знайдено матеріал який має настільки високий показник заломлення для видимого світла, як вода для мікрохвиль.

Окрім того за допомогою програмного забезпечення COMSOL було проведено симуляцію цього процесу.

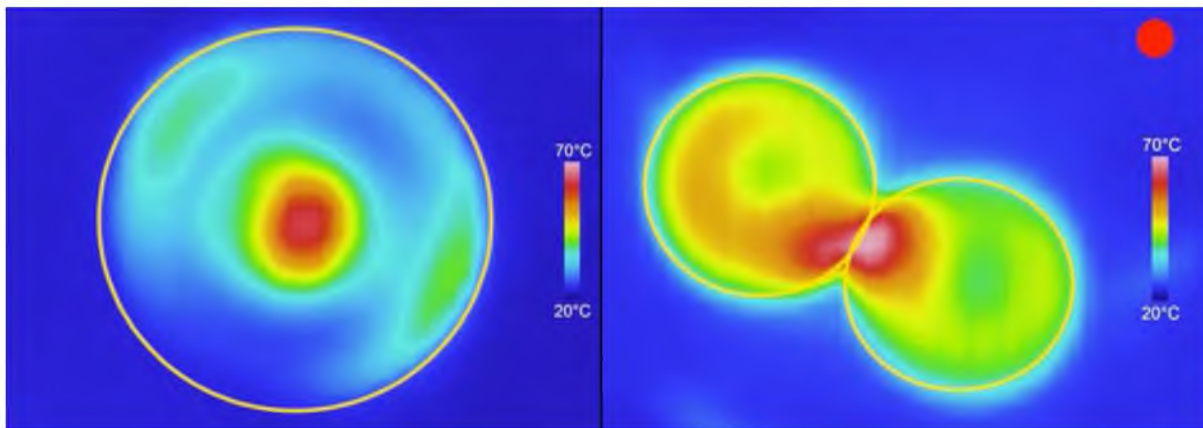


Рис. 1 Термограми отримані від однієї гранули гідрогелю, та від двох що знаходяться у фізичному контакті одна з одною.

1. Hamza K. Khattak, Pablo Bianucci, and Aaron D. Slepko. Linking plasma formation in grapes to microwave resonances of aqueous dimers PNAS published ahead of print February 19, 2019 <https://doi.org/10.1073/pnas.1818350116>
2. Mie G (1908) Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen. Annalen der Physik 330:377–445.