

دراسة تأثير الأبعاد التصميمية في انبوب التفريغ للمعجل الكهروحراري على خصائص البلازما المحورية الناتجة

Study the Effect of Dimensional Design inside the Discharge Tube of an Electrothermal Accelerator on Axial produced Plasma

احمد خضير عباس الزبيدي

قسم الفيزياء\ كلية العلوم\ جامعة واسط\

التخصص فيزياء البلازما\ موبايل 07804070280 | drakamz1970@yahoo.com

الخلاصة

هذا البحث هو دراسة تأثير الأبعاد التصميمية الخاصة بانبوب التفريغ متحد المحور للمعجل الكهروحراري واثرا على خصائص ومعلمات التفريغ في هذا المعجل. ان دراسة نظرية شاملة اعتمادا على بحوثنا العملية السابقة وبحوث عالمية مختبرية حول هذا الموضوع قد تم اجراءها لحالة التفريغ المحوري في انبوب التعجيل المحوري للمعجل الكهروحراري تحت ظروف الضغط الواطيء. هذه الدراسة تمت اعتمادا على نموذج المائع المحوري في البعد الواحد (one- dimensional axial fluid model). ان هذا النوع من مصادر البلازما الناتجة داخل انابيب التفريغ متحدة المحور من هذا النوع ، والتي تسمى ايضا ببلازما الموجة السطحية (surface wave plasma) هي نوع جديد مقارنة مع البلازما الاسطوانية في المعجلات القديمة والتي تعزز بواسطة موجة سطحية كهرومغناطيسية. في التركيب متحد المحور فان الانبوب العازل يكون مملوء بالهواء تحت الضغط الاعتيادي ويتم ترتيبه وادخال قضيب معدني في محوره المركزي. ان البلازما يتم انتاجها خارج الانبوب العازل في حجرة واطنة الضغط بواسطة موجة كهرومغناطيسية تنتقل على طول السطح البيني للعازل والبلازما. حيث تكون البلازما الناتجة هنا غير متجانسة شعاعيا ومحوريا. ان الجزء الاساسي في دراستنا هذه تتركز حول الدور الذي تلعبه انصاف اقطار كل من الانبوب العازل والقضيب المعدني على خصائص البلازما الناتجة خلال انبوب التفريغ، في ضوء نموذج البعد الواحد.

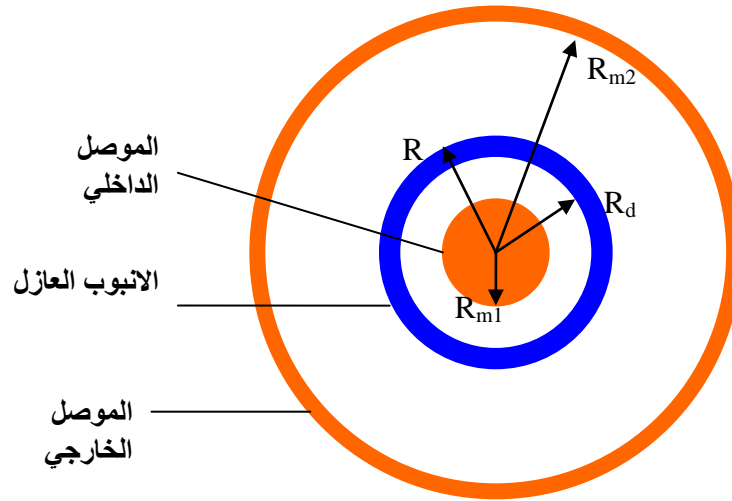
Abstract

This paper is a study of the effect of the dimensional design factors of the discharge tube inside an Electrothermal Accelerator on the axial plasma produced inside the tube. A theoretical approach has been investigated on the base of our previous experimental researches and on the base of universal researches in this field. A low-pressure coaxial discharge is investigated theoretically on the base of one- dimensional axial fluid model. This type of surface-wave-plasma source is relatively new in comparison to the classical cylindrical plasma column sustained by an electromagnetic surface wave. In the coaxial structure the dielectric tube is filled with air at normal pressure and a metal rod is arranged at its axis. The plasma is produced outside the dielectric tube in a low-pressure chamber by an electromagnetic wave traveling along the plasma- dielectric interface. The plasma is both radially and axially inhomogeneous. In this paper we have investigated theoretically the role of metal rod and dielectric tube radii on the wave and plasma characteristics on the base of one- dimensional axial fluid model.

المقدمة

ان هذا البحث هو دراسة تكميلية لبحوثنا السابقة الخاصة بالمعجل الكهروحراري . ففي التركيب التقليدي لبحوثنا السابقة الخاصة بالمعجل الكهروحراري كان انبوب التفريغ عبارة عن انبوب شعري (capillary tube) مصنوع من مادة البولي اثلين واطيء الكثافة وفي نهايته يرتبط الأنود من جهة والكاثود المجوف من الجهة الاخرى وتحدث عملية التفريغ بين الأنود والكاثود وتتحول مادة البولي اثلين المكونة للانبوب الشعري الى بلازما محورية (axial plasma) نتيجة لدرجات الحرارة العالية جدا الناتجة من عملية التفريغ ومن ثم حدوث ما يسمى تفريغ الضغط العالي المحصور (confined high pressure discharge) الذي يؤدي الى تعجيل الفذائف الى سرع كبيرة جدا تقدر ما بين 4 كم/ثا الى 5 كم/ثا [1,2,3]. اما في بحثنا هذا فنتم دراسة تقنية جديدة في تصميم انبوب التفريغ للمعجل وهذه التقنية هي مايسمى التركيب متحد المحور لانبوب التفريغ الكهربائي في المعجل

الكهروحراري حيث ان الانبوب العازل مملوء بالهواء تحت الضغط الاعتيادي وان قضيبا معدنيا يتم ادخاله في محور الانبوب العازل (الشكل رقم 1). ان البلازما يتم انتاجها خارج الانبوب العازل في حجرة واطئة الضغط بواسطة موجة كهرومغناطيسية تنتقل على طول السطح البيئي بين العازل والبلازما وان البلازما الناتجة شعاعيا ومحوريا هنا تكون بلازما اسطوانية غير متجانسة. ولما كانت البلازما الناتجة في هذه الحالة تعمل وكأنها موصل خارجي، لذلك فان هذا النوع من التفريغ يسمى التفريغ متحد المحور. ان عملية التفريغ في التركيب متحد المحور قد تمت دراستها على ضوء النموذج المحوري للمانع في البعد الواحد (one- dimensional axial fluid model) حيث ان هذا النوع من البلازما المسماة ببلازما الموجة السطحية (SWP) هي نوع جديد نسبيا مقارنة مع البلازما الاسطوانية الكلاسيكية المدعومة من قبل موجة سطحية كهرومغناطيسية [4,5,6,7]. ومن الممكن ايضا انتاج البلازما في الفضاء الحر (تحت الضغط الجوي) بدون الحاجة الى حجرة التفريغ. وفي كل الاحوال فان الجزء الاساسي من التركيب متحد المحور هو القضيب المعدني والانبوب العازل بالإضافة الى البلازما الناتجة خارج الانبوب. وفي هذا البحث تتركز دراستنا على تحليل للدور الذي تلعبه انصاف اقطار كل من القضيب المعدني والانبوب العازل وتأثيرات ابعادها التصميمية على خصائص البلازما الناتجة.



الشكل رقم (1) يوضح مقطع عرضي لانبوب التفريغ المحوري للمعجل الكهروحراري

النموذج الاساسي

في نموذجنا في هذا البحث نفترض بان الحالة المستقرة للبلازما تحت الضغط الثابت تكون معززة بموجة كهرومغناطيسية متناظرة سمتيا (azimuthally symmetric EM wave), $(\omega/2\pi=2.45\text{GHz})$ ، تنتقل على طول السطح البيئي بين البلازما والعازل. ان موجة المجال الكهربائي سوف تعمل على تسخين الالكترونات وبالتالي سوف تمتص طاقة الموجة. وكنيجة لذلك فان طاقة الموجة سوف تقل على طول العمود البلازمي. ان كثافة البلازما سوف تتناقص ايضا وسوف تصبح البلازما غير متجانسة محوريا. وقد تم الاعتماد على معدل رقم الكثافة الالكترونية بينما افترضنا بان كثافة البلازما و الرقم الموجي k_z وسعة الموجة هي دوال بطيئة التغيير في الاحداثيات المحورية. كما تم الافتراض بان البلازما هي وسط ضعيف التبدد وان حد التصادم في النفاذية

الكهربائية للبلازما يكون مهملا، اي ان النفاذية الكهربائية للبلازما تكتب بالصيغة $\epsilon_p = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}$ ، حيث ان $\omega_p = (4\pi e^2 n/m)^{1/2}$ هو تردد البلازما، n هي كثافة البلازما، e هي شحنة الالكترون وان m هي كتلة الالكترون.

ان نموذجنا النظري مبني اعتمادا على علاقة التشتت الموضعية ومعادلة موازنة طاقة الموجة المستحصلة من معادلات ماكسويل.

فمن معادلات ماكسويل تكون معادلة الموجة في الاحداثيات الاسطوانية (r, ϕ, z) بالشكل التالي [8]:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} E_z \right) + \frac{\partial^2}{\partial z^2} E_z + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} E_z + \frac{\omega^2}{c^2} \epsilon E_z = 0 \quad (1)$$

حيث ان E_z هي مركبة المجال الكهربائي باتجاه محور z ، ε هي النفاذية الكهربائية، ω التردد الزاوي، c هي سرعة الضوء في الفراغ. وعند الأخذ بنظر الاعتبار افتراضاتنا الرئيسية اعلاه فان الحل للمعادلة (1) يكون بالشكل:

$$E_z(r, \varphi, z, t) = \text{Re} \left[F_z(r, z) E(z) \exp \left(-i\omega t + i \int_0^z dz' k(z') + im\varphi \right) \right] \quad (2)$$

حيث ان F_z هي دالة السعة وتمثل مجموع دوال بازل (Bessel Functions) لمختلف الاوساط. ان الشروط الحدودية هنا هي شروط الاستمرارية للمركبات المماسية للمجال الكهرومغناطيسي عند السطح البيني للبلازما والعازل وكذلك شرط عدم وجود مركبة المجال E_z على القضيب المعدني. ومن هذه الشروط الحدودية نحصل على علاقة التشتت الموضوعية والتي تكتب بشكل رمزي كالآتي [9]:

$$D(\omega, k_z, R, \varepsilon_p, \eta) = 0 \quad (3)$$

حيث ان R هو نصف قطر البلازما، $\eta = R_{m1} / R$ ، R_{m1} هو نصف قطر الانبوب المعدني. كذلك فان معادلة موازنة طاقة الموجة لنفس الشروط الحدودية هي [10]:

$$\frac{dS}{dz} = -Q \quad (4)$$

حيث ان S هو فيض طاقة الموجة ويعطى بالعلاقة [11,12]:

$$S = \frac{c}{8\pi} \text{Re} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{R_d} dr r (E^* \times B) \cdot \hat{z} \quad (5)$$

حيث ان Q هي قدرة الموجة بوحدة الطول والممتصة من قبل الالكترونات. وعند ضغط واطيء للغاز فان عملية انتاج الجسيمات المشحونة بصورة عامة هي تأين مباشر من المستوى الارضي وان فقدان الالكترونات هو نتيجة لانتشارها وتشتتها على الجدران. وفي هذه الحالة فان $Q \propto n_e$ ، حيث ان n_e هي كثافة الالكترونات. ولما كانت البلازما غير متجانسة محوريا فان علاقة التشتت الموضوعية تعطي علاقة الارتباط بين كثافة البلازما المعيارية (N normalized plasma density) (حيث ان $N = n/n_{cutoff}$ ، $\omega/\omega_p = 1/\sqrt{N}$ ، $n_{cutoff} = m\omega^2/4\pi e^2$) وبين العدد الموجي غير البعدي ($k_z R$)، والتي تسمى بمخططات الطور. وبذلك فقد تم الحصول على مخططات الطور والخصائص المحورية للموجة وخصائص البلازما الناتجة. ان التغيرات الشعاعية (نصف القطرية) والمحورية لمكونات مجال الموجة قد تم حسابها ايضا، حيث ان المعلمات الثلاثة التي تحدد تصميم التركيب متحد المحور تتمثل بالجدول التالي:

| المعلمات | الرموز | العوامل التصميمية |
|--|---------------|----------------------------------|
| $\sigma = \omega R / c$ (حيث ان c هي سرعة الضوء) | R | نصف قطر البلازما |
| $\gamma = R_d / R = 1 - d/R$ | R_d | نصف قطر الانبوب العازل |
| | $d = R - R_d$ | سمك الانبوب العازل |
| $\eta = R_{m1} / R$ | R_{m1} | نصف قطر القضيب المعدني في المركز |
| $\zeta = R_{m2} / R$ | R_{m2} | نصف قطر الحاجز المعدني |

جدول رقم (1) يبين العوامل التصميمية والمعلمات المتعلقة بها في انبوب التفريغ متحد المحور للمعجل الكهروحراري

النتائج والمناقشة

في بحثنا هذا قمنا بحل معادلة التشتت الموضعي ومعادلة موازنة طاقة الموجة عدديا وذلك عند قيم ثابتة لتردد البلازما ω_p مع اختيار مختلف القيم للتردد الزاوي ω ومن ثم برمجتها بواسطة الحاسوب حيث تم الحصول على مختلف القيم لمنحنيات التشتت لقيم عمود بلازما معطاة وكذلك تم الحصول على مختلف المظاهر المحورية للتفرغ لكثافة البلازما المعيارية، العدد الموجي، قدرة الموجة ومركبات مجال الموجة. كما قمنا بدراسة انصاف الاقطار الخارجية لاثنتين من الانابيب العازلة وهي 1 cm و 2.4 cm والتي تناظر $\sigma = 0.513$ و $\sigma = 1.23$ على افتراض ان γ تكون نفسها للحالتين $\gamma = 0.85$. وعند انصاف اقطار مثبتة للانبوب العازل (المعلمات σ و γ) فان سمك القضيب المعدني (المعلم η) يكون متغيرا. ان القيم العددية المستحصلة للشكلين (2- a,b) و (3- a,b) مدرجة في الجدولين (2-a,b) و (3-a,b).

| $\eta = 0.84$ | | $\eta = 0.8$ | | $\eta = 0.6$ | | $\eta = 0.2$ | |
|---------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p |
| 0.25 | 0.07 | 0.25 | 0.125 | 0.25 | 0.25 | 0.05 | 0.5 |
| 0.5 | 0.18 | 0.53 | 0.275 | 0.5 | 0.475 | 0.1 | 0.55 |
| 1 | 0.26 | 1 | 0.35 | 1 | 0.56 | 0.25 | 0.7 |
| 1.5 | 0.3 | 1.5 | 0.39 | 1.5 | 0.58 | 0.6 | 0.75 |
| 2 | 0.33 | 2 | 0.42 | 2 | 0.58 | 1.09 | 0.72 |
| 2.5 | 0.35 | 2.5 | 0.44 | 2.5 | 0.578 | 2 | 0.66 |
| 3 | 0.37 | 3 | 0.46 | 3 | 0.57 | 3 | 0.6 |
| 3.5 | 0.387 | 3.5 | 0.47 | 3.55 | 0.556 | 4 | 0.57 |
| 4 | 0.4 | 4 | 0.48 | 3.99 | 0.55 | 5 | 0.54 |
| 4.5 | 0.416 | 4.5 | 0.49 | 4.5 | 0.54 | | |
| 5 | 0.43 | 5 | 0.495 | 5 | 0.531 | | |

جدول رقم 2-a يبين مختلف القيم العددية للنسبة بين التردد الزاوي والتردد البلازما ω/ω_p مع مختلف القيم العددية للعدد الموجي غير البعدي $k_z R$ وذلك لقيم مختلفة لسمك القضيب المعدني عندما تكون $\gamma=0.85$, $\sigma=0.513$

| $\eta = 0.84$ | | $\eta = 0.8$ | | $\eta = 0.6$ | | $\eta = 0.2$ | |
|---------------|------|--------------|------|--------------|----|--------------|------|
| ζ | N | ζ | N | ζ | N | ζ | N |
| 0 | 6 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 3 |
| 2.42 | 34.7 | 2.5 | 20.4 | 2.5 | 6 | 2.5 | 3.25 |
| 5 | 51.3 | 5 | 27.4 | 5 | 8 | 5 | 3.5 |
| 7.5 | 63.2 | 7.5 | 32.7 | 7.5 | 10 | 7.5 | 3.75 |
| 10 | 76.7 | 10 | 38.5 | 10 | 11 | 10 | 4 |
| 11.85 | 87.6 | 12.79 | 44.2 | 12.5 | 13 | 12.5 | 4.25 |
| 13.5 | 100 | 15 | 49.6 | 15 | 14 | 15 | 4.5 |
| | | 17.5 | 57.5 | 17.5 | 16 | 17.5 | 4.75 |
| | | 20 | 70 | 20 | 18 | 20 | 5 |

جدول رقم 2-b يبين مختلف القيم العددية لكثافات البلازما المحورية المعيارية N ضد مختلف القيم العددية للنسبة بين نصف قطر الحاجز المعدني الى نصف قطر البلازما عند $\gamma=0.85$, $\sigma=0.513$ ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني

حيث يتبين من الشكلين (2- a,b) و (3- a,b) بأنه عندما تكون القيم صغيرة ل η (قضيب معدني رفيع) فإن مخططات الطور تعبر النطاق $1/(1+\epsilon_d)^{1/2}$ والذي يناظر قيم الرنين لكثافة البلازما $n_{res} = 1+\epsilon_d$ حيث ان ϵ_d هي السماحية الكهربائية لمادة الانبوب العازل. وانها سوف تمر خلال المنطقة فوق هذا النطاق عندما يكون $n_e < n_{res}$ (البلازما الاقل كثافة) وان منطقة تقدم الموجة الخلفية سوف تظهر بعد اعظم قيمة للمنحني.

ان الحسابات تبين لنا بأنه عند اعظم قيمة من طور المنحني فان قدرة الموجة تصبح صفرا وفي منطقة تقدم الموجة الخلفية تكون سالبة. وهذا يعني بان البلازما تتواجد فقط في منطقة تقدم الموجة الامامية وان النهاية الحقيقية لعمود البلازما يكون عند اعظم منحني للطور. ومع زيادة سمك القضيب المعدني فان مخططات الطور تتحرك للأسفل، والذي يناظر الزيادة في كثافة البلازما. ان الاشكال (2, 3-b) لاتبين المزيد من اي تقدم خلفي للموجة ولا يمكن ملاحظة اي منطقة بلازما اقل كثافة للبلازما المحورية تحت نفس ظروف التفريغ حيث ان القيم العددية للشكل رقم 3 مدرجة بالجدولين (3-a, 3-b).

| $\eta = 0.6$ | | $\eta = 0.8$ | | $\eta = 0.84$ | | $\eta = 0.2$ | |
|--------------|-------------------|--------------|-------------------|---------------|-------------------|--------------|-------------------|
| $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p |
| 1.57 | 0.1 | 2 | 0.05 | 2.34 | 0.05 | 1.3 | 0.127 |
| 1.63 | 0.184 | 2.11 | 0.109 | 2.66 | 0.14 | 1.29 | 0.2 |
| 1.7 | 0.24 | 2.25 | 0.176 | 2.84 | 0.19 | 1.27 | 0.25 |
| 1.75 | 0.278 | 2.36 | 0.211 | 3.25 | 0.264 | 1.29 | 0.3 |
| 1.83 | 0.315 | 2.58 | 0.268 | 3.54 | 0.296 | 1.29 | 0.324 |
| 1.95 | 0.36 | 2.88 | 0.317 | 3.96 | 0.328 | 1.36 | 0.4 |
| 2.2 | 0.427 | 3.22 | 0.356 | 4.65 | 0.37 | 1.46 | 0.45 |
| 2.45 | 0.46 | 3.8 | 0.4 | 5 | 0.391 | 1.75 | 0.529 |
| 3.15 | 0.5 | 5 | 0.44 | | | 2.4 | 0.55 |
| 5 | 0.5 | | | | | 3 | 0.546 |
| | | | | | | 3.5 | 0.54 |
| | | | | | | 4.03 | 0.529 |
| | | | | | | 5 | 0.507 |

جدول رقم 3-a يبين مختلف القيم العددية للنسبة بين التردد الزاوي والتردد البلازمي ω/ω_p مع مختلف القيم العددية للعدد الموجي غير البعدي $k_z R$ وذلك لقيم مختلفة لسمك القضيب المعدني عندما تكون $\gamma=0.85$, $\sigma=1.23$

| $\eta = 0.84$ | | $\eta = 0.8$ | | $\eta = 0.6$ | | $\eta = 0.2$ | |
|---------------|-----|--------------|-----|--------------|-----|--------------|---|
| ζ | N | ζ | N | ζ | N | ζ | N |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.5 | 42 | 2.5 | 24 | 2.5 | 10 | 2.5 | 1 |
| 5 | 105 | 5 | 62 | 5 | 15 | 5 | 2 |
| 7.5 | 190 | 7.5 | 105 | 7.65 | 25 | 7.5 | 3 |
| 10 | 325 | 10 | 160 | 11.6 | 50 | 10 | 4 |
| 12.5 | 500 | 12.43 | 223 | 12.97 | 60 | 12.5 | 5 |
| | | 15.14 | 320 | 15.18 | 75 | 15 | 6 |
| | | 17.5 | 425 | 17.5 | 90 | 17.5 | 7 |
| | | 18.75 | 500 | 20 | 110 | 20 | 8 |

جدول رقم 3-b يبين مختلف القيم العددية لكثافات البلازما المحورية المعيارية N ضد مختلف القيم العددية للنسبة بين نصف قطر الحاجز المعدني الى نصف قطر البلازما عند $\gamma=0.85$, $\sigma=1.23$ ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني

ان الاعتماد على كل من σ و η موضح بالشكلين (4-a, 4-b) مع القيم العددية لها في الجدولين التاليين (4-a, 4-b):

| $\sigma=0.513, \eta=0.2$ | | $\sigma=1.23, \eta=0.2$ | | $\sigma=0.513, \eta=0.8$ | | $\sigma=1.23, \eta=0.8$ | |
|--------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p | $k_z R$ | ω/ω_p |
| 0.02 | 0.446 | 1.3 | 0.22 | 0.225 | 0.12 | 2 | 0.05 |
| 0.05 | 0.51 | 1.5 | 0.35 | 0.5 | 0.297 | 2.5 | 0.22 |
| 0.07 | 0.566 | 2 | 0.55 | 1 | 0.382 | 3 | 0.325 |
| 0.09 | 0.605 | 2.5 | 0.56 | 1.5 | 0.418 | 3.42 | 0.375 |
| 0.1 | 0.63 | 3 | 0.545 | 2 | 0.435 | 4 | 0.42 |
| 0.2 | 0.7 | 3.5 | 0.535 | 2.43 | 0.45 | 5 | 0.44 |
| 0.5 | 0.75 | 4.07 | 0.52 | 2.93 | 0.46 | | |
| 1 | 0.72 | 4.5 | 0.506 | 3.5 | 0.464 | | |
| 1.5 | 0.683 | 5 | 0.496 | 4 | 0.474 | | |
| 2 | 0.644 | | | 4.5 | 0.478 | | |
| 2.37 | 0.612 | | | 5 | 0.485 | | |
| 3 | 0.577 | | | | | | |
| 3.5 | 0.56 | | | | | | |
| 4 | 0.54 | | | | | | |
| 4.5 | 0.53 | | | | | | |
| 5 | 0.517 | | | | | | |

جدول رقم 4-a يوضح مختلف القيم العددية للعلاقة بين مخططات الطور عند $\gamma=0.85$ ومختلف القيم لانصاف اقطار البلازما ومختلف القيم

لسمك القضيب المعدني

| $\sigma=1.23, \eta=0.8$ | | $\sigma=0.513, \eta=0.8$ | | $\sigma=1.23, \eta=0.2$ | | $\sigma=0.513, \eta=0.2$ | |
|-------------------------|-----|--------------------------|----|-------------------------|------|--------------------------|-----|
| ζ | N | ζ | N | ζ | N | ζ | N |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2.5 | 23 | 2.5 | 11 | 2.5 | 5.5 | 2.5 | 0.4 |
| 5 | 57 | 5 | 21 | 5 | 8.5 | 5 | 0.8 |
| 7.5 | 105 | 7.5 | 30 | 7.5 | 11.5 | 7.5 | 1.2 |
| 10 | 167 | 10.34 | 38 | 10.37 | 12 | 10 | 1.6 |
| 12.5 | 250 | 12.5 | 43 | 12.84 | 15 | 12.5 | 2 |
| | | 15 | 51 | 15.21 | 19 | 15 | 2.4 |
| | | 17.5 | 59 | 17.5 | 23.5 | 17.5 | 2.8 |
| | | 20 | 70 | 20.2 | 32 | 20 | 3.4 |

جدول رقم 4-b يوضح مختلف القيم العددية للعلاقة بين مظاهر مختلفة لكثافات البلازما المحورية عند $\gamma=0.85$ ومختلف القيم لانصاف

اقطار البلازما ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني

حيث يتضح بان افضل الظروف لانتاج البلازما بكثافة عالية نحصل عليها عندما تكون σ و η عالية، اي انه يجب ان يكون لدينا انبوب واسع وبداخله قضيب معدني سميك ($\sigma=1.23$ و $\eta \geq 0.8$). وعندما يكون نصف قطر الانبوب اصغر ($\sigma=0.513$) والقضيب المعدني الذي بالداخل يكون سميك ($\eta=0.8$) فان كثافة البلازما تكون اعلى من الحالة التي يكون فيها الانبوب واسع والقضيب المعدني في الداخل رفيع ($\sigma=1.23$ و $\eta=0.2$). ان اسوأ ظروف لانتاج البلازما واقل كثافة للبلازما هي عندما يكون الانبوب بنصف قطر صغير مع قضيب معدني رفيع في الداخل ($\sigma=0.513$ و $\eta=0.2$). ان المظاهر المحورية لمركبة المجال الكهربائي E_z يمكن ملاحظتها في الشكل رقم (5) وبنفس الظروف السابقة للشكل رقم (4)، كما ان القيم العددية يمكن ملاحظتها في الجدول رقم (5).

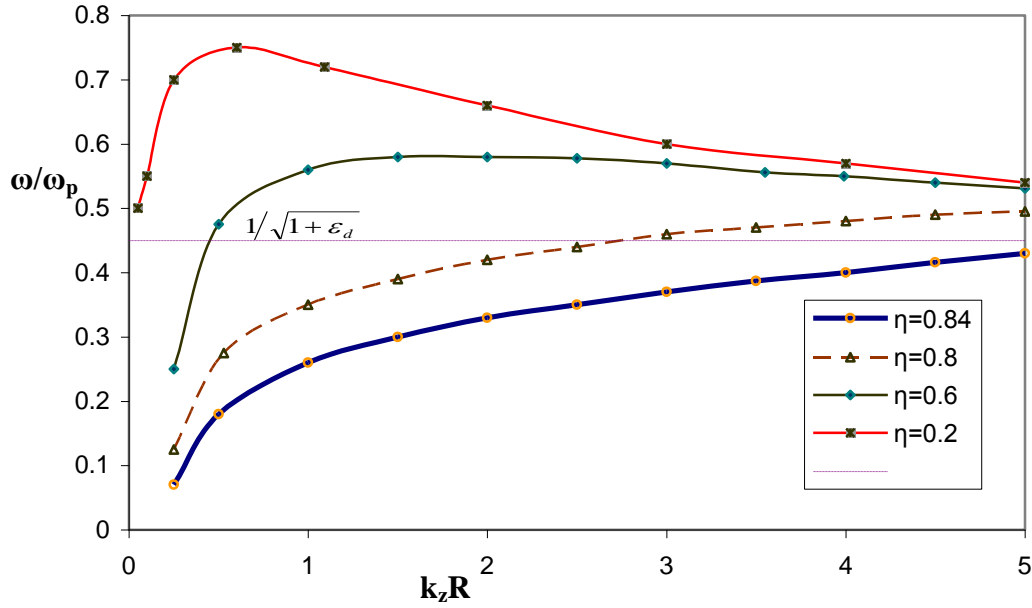
| $\sigma=1.23, \eta=0.8$ | | $\sigma=1.23, \eta=0.2$ | | $\sigma=0.513, \eta=0.8$ | | $\sigma=0.513, \eta=0.2$ | |
|-------------------------|-------|-------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| ζ | E_z | ζ | E_z | ζ | E_z | ζ | E_z |
| 0 | 1.6 | 0 | 1.3 | 0 | 1 | 0 | 0.55 |
| 2.5 | 2.6 | 2.77 | 1.59 | 0.68 | 0.55 | 1.25 | 0.3 |
| 5 | 3.25 | 5 | 1.8 | 2.5 | 0.5 | 2.5 | 0.3 |
| 7.5 | 3.72 | 7.5 | 2.04 | 5 | 0.6 | 5 | 0.36 |
| 10 | 4.18 | 10 | 2.24 | 7.5 | 0.65 | 7.5 | 0.45 |
| 12.5 | 4.51 | 12.5 | 2.4 | 10 | 0.7 | 10 | 0.5 |
| 15 | 4.83 | 15 | 2.5 | 12.5 | 0.75 | 12.5 | 0.55 |
| 16.8 | 5 | 17.58 | 2.52 | 15 | 0.76 | 15 | 0.56 |
| | | 20 | 2.6 | 17.5 | 0.77 | 17.5 | 0.57 |
| | | | | 20 | 0.78 | 20 | 0.58 |

جدول رقم 5 يوضح القيم العددية بين مظاهر مختلفة لمركبة المحور-z للمجال الكهربائي عند $\eta=0.85$ ومختلف القيم لانصاف اقطار البلازما ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني

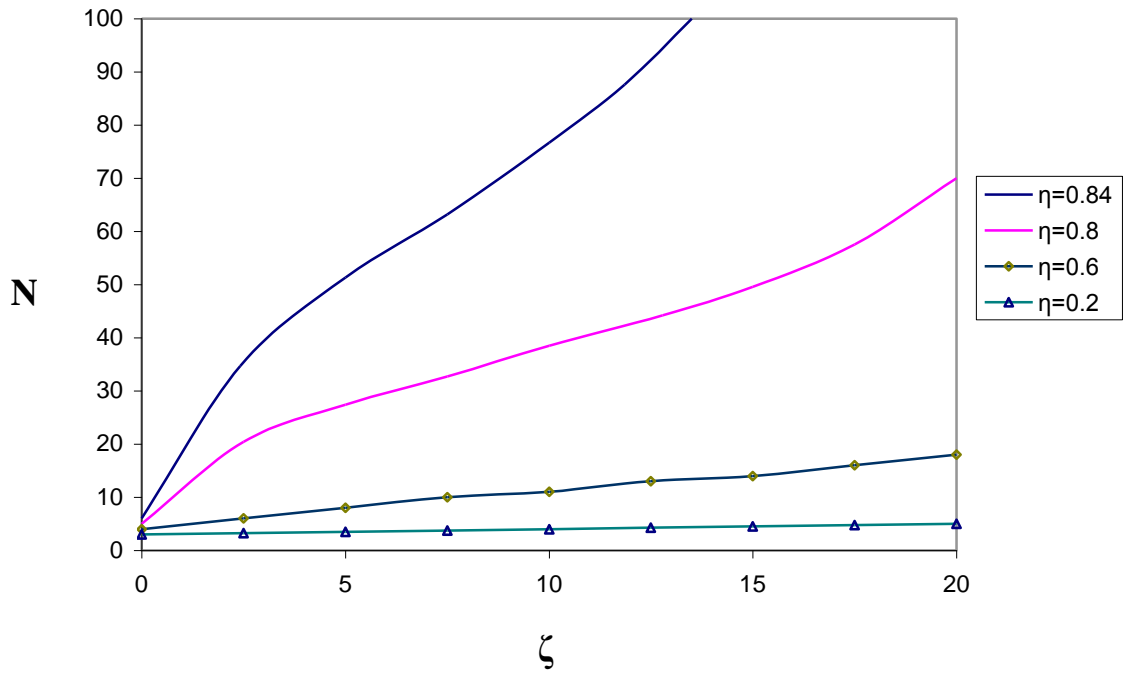
فمن الشكل (5) يمكن الملاحظة انه عندما يكون نصف القطر صغير للانبوب العازل ($\sigma = 0.513$) فان المجال الكهربائي يكون في معظمه ثابت على طول عمود البلازما واصغر من 1 للقضيب المعدني (سواء كان السميك او الرفيع) داخل الانبوب. وعندما يكون الانبوب العازل اوسع ($\sigma = 1.23$) فان المجال الكهربائي يكون اكبر من 1 ويقل بوضوح على طول مسار البلازما.

الاستنتاجات

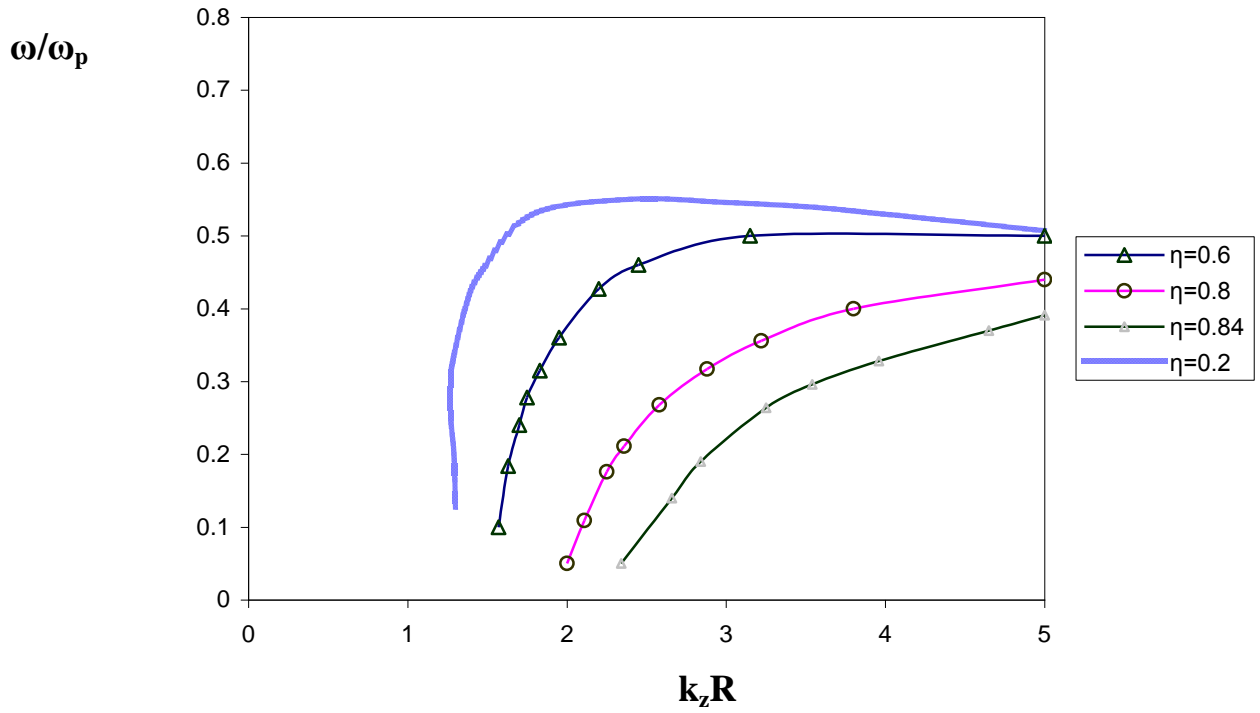
في هذا العمل تم الاستنتاج بان هنالك اعتمادا كبيرا جدا لخصائص البلازما ومعلماتها على نصف قطر البلازما ونصف قطر القضيب المعدني داخل الانبوب العازل في منظومة التفريغ للمعجل الكهروحراري. حيث تم الاستنتاج بانه من الممكن انتاج البلازما بكثافة رقم الكتروني اعلى بواسطة تغيير القضيب المعدني داخل الانبوب العازل بقضيب اخر ذي سمك اكبر من الاول. حيث ان افضل الظروف لانتاج البلازما بكثافة عالية يمكن الحصول عليها عندما تكون القيم σ و η عالية، اي ان الانبوب العازل يكون ذا نصف قطر كبير وان القضيب المعدني الداخلي يكون ذا نصف قطر كبير ايضا. وعلى العكس من ذلك فان اسوأ ظروف لانتاج البلازما وكثافة اقل عندما يكون قطر الانبوب العازل صغيرا والقضيب المعدني يكون رفيعا في داخله. ولذلك فانه بتغيير العوامل التصميمية لانبوب التفريغ في المعجل الكهروحراري فانه يكون من الممكن الحصول على افضل معلمات التفريغ المحورية في البلازما.



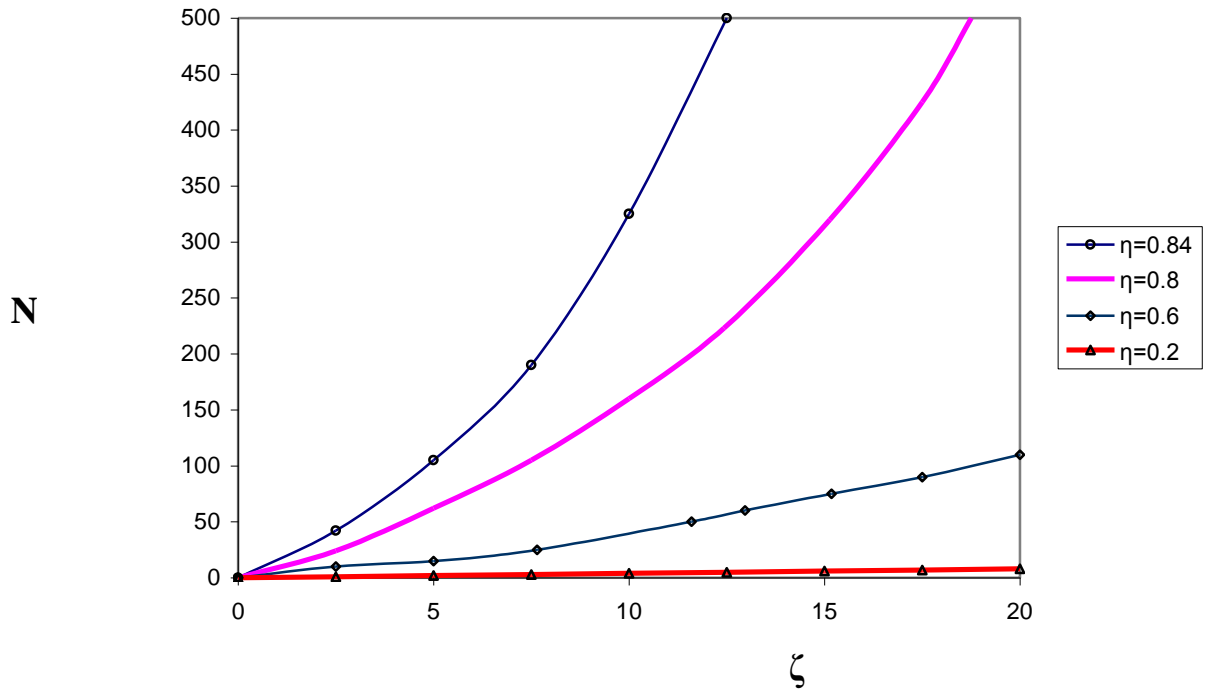
الشكل رقم 2-a يوضح العلاقة بين مخططات الطور عند $\sigma=0.513$, $\gamma=0.85$ ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني



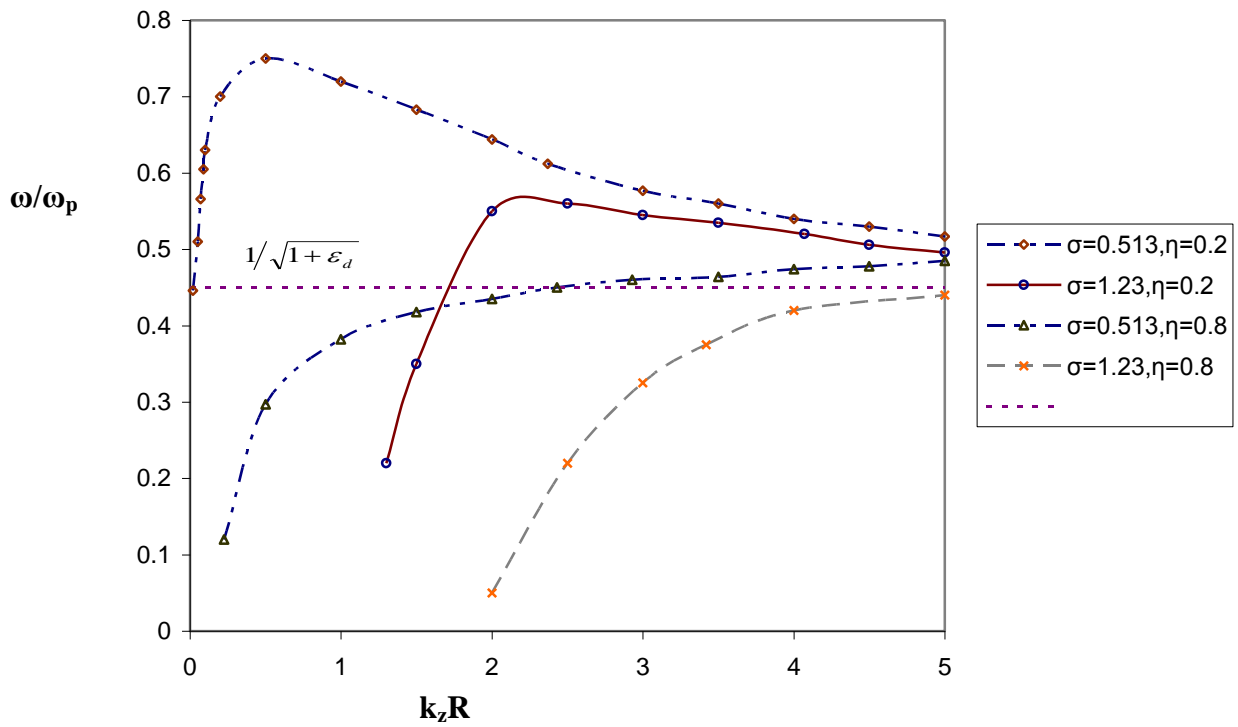
الشكل رقم 2-b يوضح العلاقة بين مظاهر مختلفة لكثافات البلازما المحورية عند $\sigma=0.513$, $\gamma=0.85$ ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني



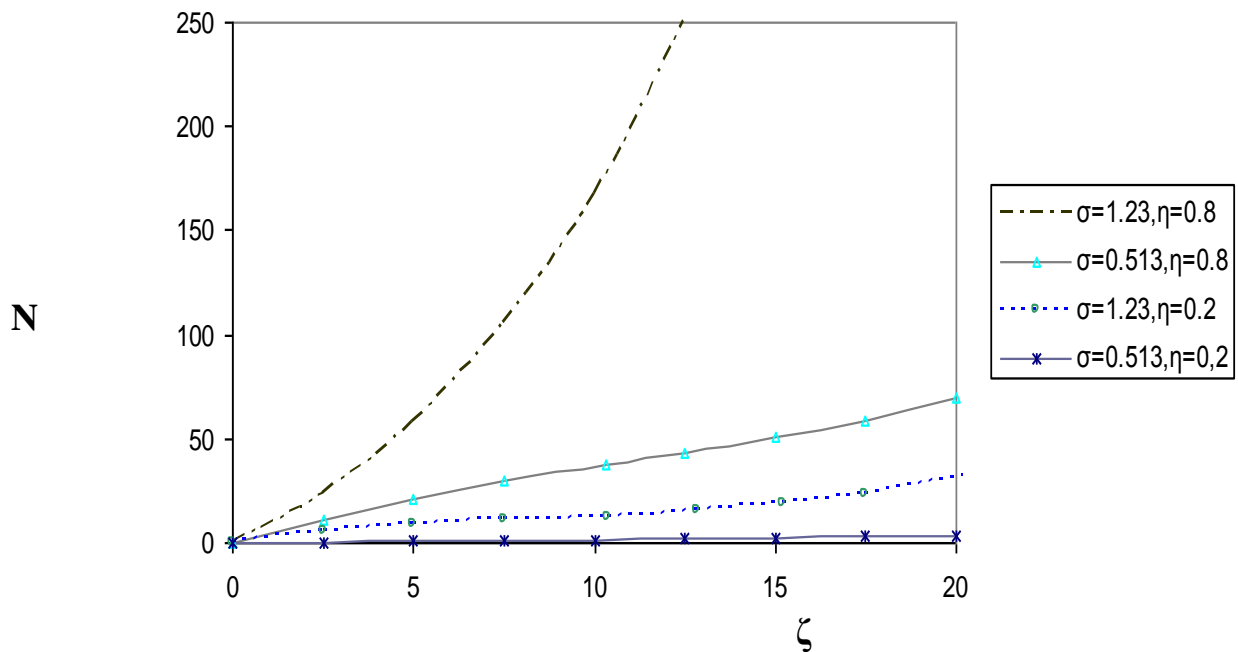
الشكل رقم 3-a يوضح العلاقة بين مخططات الطور عند $\gamma=0.85$, $\sigma=1.23$ ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني



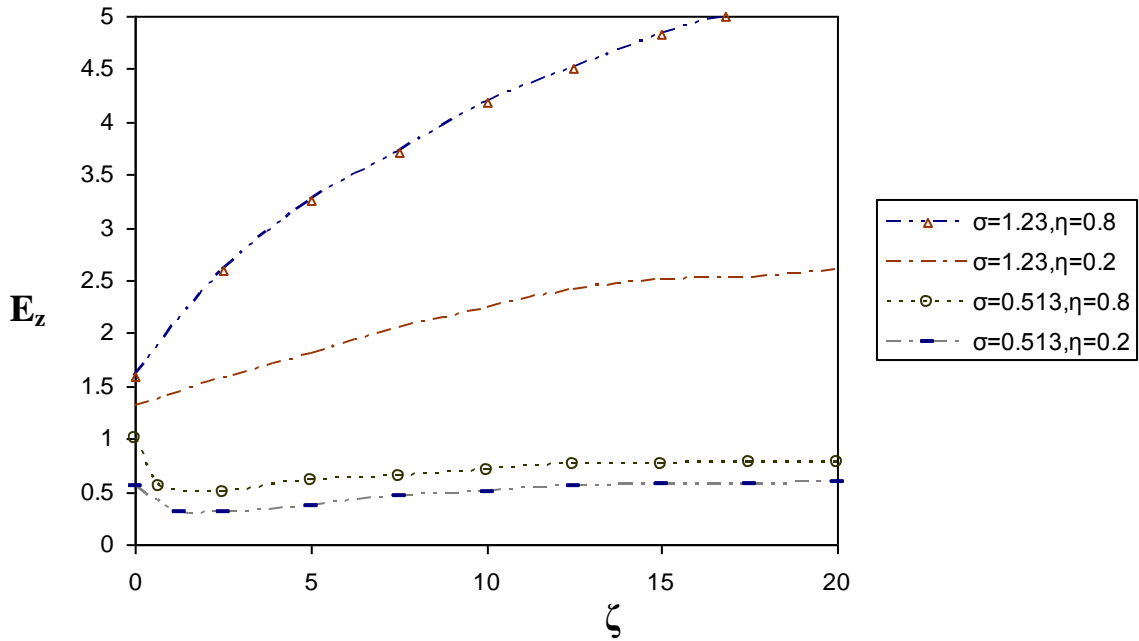
الشكل رقم 3-b يوضح العلاقة بين مظاهر مختلفة لكثافات البلازما المحورية عند $\gamma=0.85$, $\sigma=1.23$, ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني



الشكل رقم 4-a يوضح العلاقة بين مخططات الطور عند $\gamma=0.85$ ومختلف القيم لانصاف اقطار البلازما ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني



الشكل رقم 4-b يوضح العلاقة بين مظاهر مختلفة لكثافات البلازما المحورية عند $\gamma=0.85$ ومختلف القيم لانصاف اقطار البلازما ومختلف القيم لسمك القضيب المعدني



الشكل رقم 5 يوضح العلاقة بين مظاهر مختلفة لمركبة المحور-z للمجال الكهربائي عند $\gamma=0.85$ ومختلف القيم لانصاف اقطار البلازما ومختلف القيم لسلك القضيب المعدني

References

- [1] Al-Zubaidi A.K., "Design and Performance of an Electrothermal Accelerator", PhD. Thesis, College of Science, Al-Mustansiriyah University, (2002).
- [2] Al-Zubaidi A.K., J. Wassit for Science and Medicine, Vol. 1, Issue 1, (29-41) (2008).
- [3] Al-Zubaidi A.K., Mehdi H.J., Proceeding of 3rd Scientific Conference, (2144-2150) (2009).
- [4] Letout S.M., Alves L.L., J. Optoelectronics and Advanced Materials, Vol.7, No.5, (2471-2475) (2005).
- [5] Rauchle E. F., J. Phys., Vol.8, Issue 7, (99-108) (1998).
- [6] Pencheva M.C., Benova E.K., Zhelyazkov I.N., J. Phys.: Conference Series 63, (012023, 6pages) (2007).
- [7] Ahedo E. I., Martinez C. P., J. Phys. Plasmas, Vol.8, No.6, (3058-3062) (2001).
- [8] Neichev Z.A. , Benova E.K., J. Vacuum, Vol.76, Issue 2-3, (393-396) (2004).
- [9] Alterkop B.N. , Gidalevich N.S., Goldsmith N.C., J. Phys. D: Applied Physics, Vol.41, No.2, (110-117) (2008).
- [10] Schneider R.M., Runov A.B., J. Plasma Physics and Controlled Fusion, Vol.49, No.3, (s87-s95) (2007).
- [11] Khatun H.A., Mishra A. R., Indian Journal of Pure & Applied Physics, Vol. 46, (889-892) (2008).
- [12] Azarenkov N.A. , Olefir V.P., 27th EPS Conference on Contr. Fusion and Plasma Phys. Budapest, ECA Vol. 24B(856-859) (2000).