Archive of SID.ir

مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۸- شماره ۳ - سال ۱۴۰۲

www.ElitesJournal.ir

طراحی و ساخت جت پلاسما با اهداف درمانی

علیرضا محمدیان پورطالاری

استادیار گروه فیزیک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

amp_pprc@yahoo.com

ارسال: مرداد ماه ۱۴۰۲ پذیرش: مرداد ماه ۱۴۰۲

چکیده

پلاسماها گازهای یونیزه هستند و به عنوان حالت چهارم ماده توصیف می شوند. پلاسمای فشار اتمسفری ، به عنوان یک روش درمانی جدید در درمان زخم مطرح شده و در سال‌های اخیر، تسریع بهبود زخم توسط پلاسمای فشار اتمسفری کانون توجه بسیاری از مطالعات بوده است. پلاسما می تواند گونه های فعالی مانند اکسید نیتریک (NO)، هیدروکسیل (OH) و اکسیژن اتمی (O) تولید کند که یک واکنش مهم توسط میکروارگانیسم های زنده است و ممکن است منجر به تسریع فرآیندهای ترمیم بافت بدون اثرات نامطلوب بر بافت نرمال شود. در این مقاله تلاش شده است با معرفی پلاسمای پزشکی ، ضرورت نگاه به علم و فناوری پلاسما از دیدگاه علم پزشکی و کاربردهای آن بیان گردد. همچنین طراحی و ساخت دستگاه جت پلاسمای سرد فشار اتمسفری از گاز هلیوم با اهداف درمانی گزارش می شود. این سیستم با اجزای الکترونیکی بسیار ساده و کم هزینه ، با تولید میدان الکتریکی مورد نیاز بین دو الکترود برای یونیزه کردن گاز هلیوم در فشار اتمسفری ، به طور تجربی راه اندازی شده است.

کلمات کلیدی: پلاسما پزشکی، پلاسمای فشار اتمسفری، جت پلاسما ، پردازش پوست، درمان زخم.

۱– مقدمه

در چند سال اخیر پلاسما پزشکی[1] از یک زمینهٔ تحقیقاتی به استفادهٔ پزشکی واقعی رسیده است [۱]. اولین گردهمایی دانشمندان پلاسما پزشکی جهان در شهر گرایفسوالد[2] آلمان و تاسیس موسسه علوم و فناوری پلاسما لایب نیتس[3] ، مسیر کاربرد این فناوری نوآورانه را در پزشکی بالینی هموار نموده است [۲]. حوزهٔ اصلی کاربرد پلاسما در هر دو زمینهٔ پزشکی و دامپزشکی ، کمک به پردازش پوست و درمان زخم است. علاوه بر حوزهٔ پوست ، در بقیهٔ زمینه ها همچون جراحی و دندانپزشکی نیز کاربردهای امیدوار کننده‌ای دارد که نقطهٔ کانونی تحقیقات جاری هستند [۳]. در این راستا طیف گسترده ای از منابع پلاسما برای کاربردهای پزشکی مورد توجه قرار گرفته اند که شامل قلم پلاسما۴ ، جت پلاسما۵ ، تخلیهٔ سد دی الکتریک۶ ، تخلیهٔ تابان فشار اتمسفری۷ و غیره است [۴]. از میان منابع پلاسمایی ذکر شده دو دستگاه قلم پلاسما و جت پلاسما بیشترین کاربرد را در کاربردهای پزشکی دارند. افزایش کارایی و کاهش هزینه های تولید تکنولوژی در زمینهٔ پزشکی از موضوعات مورد توجه زمان ما هستند. امروزه علم پلاسما

[1] Plasma Medicine
[2] Greifswald
[3] Leibniz Institute for Plasma Science and Technology (INP Greifswald)
[4] Plasma Pen
[5] Plasma Jet
[6] Dielectric Barrier Discharge (DBD)
[7] Atmospheric Pressure Glow Discharge (APGD)

Archive of SID.ir

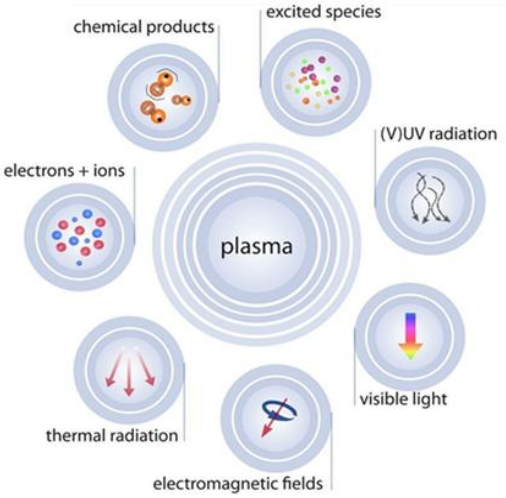
Archive of SID.ir

روش های درمانی جدیدی را برای حل مشکلات پیش روی محققان فراهم نموده و خواص منحصر به فرد پلاسما ، امکان استفاده از آنرا به طور گسترده در پزشکی مهیا ساخته است[۵].

پلاسماتراپی[1] یکی از پیشرفته ترین فناوری های زیباسازی و درمانی است که از آن برای پردازش پوست و درمان زخم استفاده می شود. فیبروبلاست پلاسما یا بلفاروپلاستی[2] ، یکی از پیشرفته ترین فناوری های زیباسازی و درمانی است که از آن برای لیفت و پردازش پوست استفاده می شود. پلاسما جت یکی از ابزارهای مدرن این دسته است که عملکرد آن توسط سازمان غذا و داروی آمریکا [3] و اروپا تائید شده و به عنوان نخستین ابزار جراحی نرم[4] در دنیا معرفی شده است[۶]. جراحی نرم در واقع نوعی روش غیرتهاجمی یا غیرجراحی است که در آن از ابزار جراحی استفاده نمی شود و بدون برش و خونریزی انجام می گیرد و در اغلب اوقات مکملی برای بعضی از روش های جراحی زیبایی است[۷]. در این مقاله ، طراحی و ساخت جت پلاسمای سرد فشار اتمسفری گزارش می شود و همچنین کاربرد های آن برای پردازش پوست و درمان زخم مورد بررسی قرار می گیرد.

۲- بیان مسئله

پلاسما چهارمین حالت بنیادین ماده پس از جامد ، مایع و گاز است. در واقع پلاسما گاز یونیزه شده‌ای است که علاوه بر الکترونها و یونها حاوی رادیکال های آزاد ، گونه های برانگیخته شده، تابش فرابنفش و میدان های الکترومغناطیسی است:



شکل۱- اجزای مختلف پلاسما

ترکیب این اجزاء نوعی ، خاصیت آنتی باکتریال [۹-۸] ، خاصیت ضد ویروسی ، ضد قارچی و ضد التهابی بر روی زخم تولید می‌کند. در این فرآیند ، پلاسما فعالیت ضد باکتریایی خاصی را بدون اینکه به بافت سالم پیرامون آن آسیبی وارد شود به صورت گزینشی در موضع فعال می‌کند. در نتیجهٔ استفاده از پلاسما در یک ساختار پوستی به طور فیزیولوژیکی نه آسیبی به لایه های عمیقتر پوستی و نه عوارض جانبی دیگری در هیچ یک از موارد مستند در مطالعات بالینی پزشکی انسانی و دامپزشکی مشاهده و گزارش نشده است[۱۰] . پلاسمای پزشکی ، در درمان زخم ها به خصوص زخم های مزمن ، مثل زخم بستر و زخم هایی که به دلیل دیابت به وجود می آیند کاربرد دارد. استریلیزه‌کردن لوازم و قطعات پزشکی ، ترمیم زخم‌ها و از بین بردن سلول‌های سرطانی [۱۲-۱۱] ، از دیگر کاربردهای زیست پزشکی پلاسما است که نتایج امید بخشی به‌دست آورده‌اند و می‌توان رشد سریع این حوزهٔ جدید در پزشکی را انتظار داشت.

پلاسمای پزشکی ، با تزریق انرژی به یک گاز خنثی تولید می گردد. از نظر دما دو نوع پلاسمای گرم و سرد وجود دارد. پلاسمای گرم با اعمال حرارت به ناحیهٔ مورد نظر باعث درمان آن می شود و برای کاربردهای پزشکی ایمن ، موثر و آسان است. با توجه به

[1] Plasma Therapy
[2] Blepharoplasty
[3] FDA
[4] Soft Surgery

Archive of SID.ir

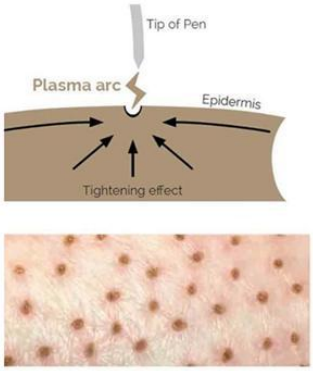
Archive of SID.ir

اینکه پلاسما به صورت کنترل شده توسط دستگاه تولید می شود ، تنها باعث ایجاد سوختگی ریز [1] روی سطح پوست شده و به لایه های زیرین پوست نفوذ نمی کند. در واقع ، پلاسما در برخورد با پوست ، سریعا سلول های سطحی آنرا تصعید می نماید طوری که هیچ جریان الکتریکی از بافت عبور نمی کند و صرفا با ایجاد سوختگی ریز در سطح و تصعید سلول های سطحی پوست ، دو تاثیر اولیه و ثانویه ایجاد می نماید:

۱- اثر اولیهٔ پلاسما بر پوست: در ابتدا و پس از شروع درمان بدلیل کاهش تعداد سلولها پس از بهبود ، شلی و افتادگی پوست از بین می رود.

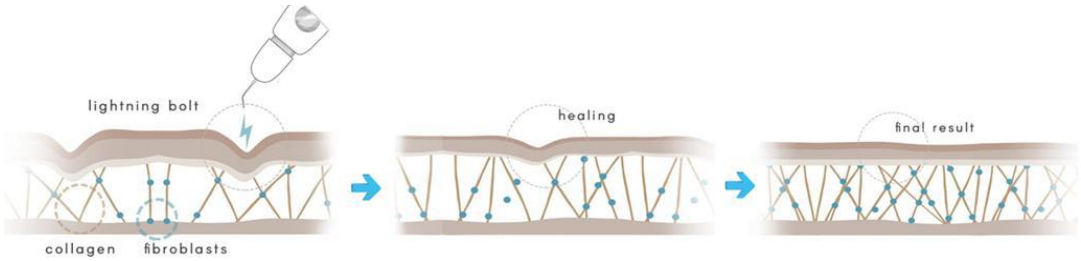
۲- اثر ثانویهٔ پلاسما بر پوست : انتقال حرارت کنترل شده به عمق پوست باعث تحریک ساخت کلاژن جدید می شود که در سفتی و محکمی پوست بسیار موثر است.

در این فناوری ، زمانی که نوک سوزن متصل به منبع ولتاژ به سطح پوست نزدیک می شود ، یک قوس الکتریکی [2] کوچکی ایجاد می گردد و باعث منعقد و جمع کردن بافت پوست می شود. این قوس الکتریکی باعث آسیب سطحی به لایهٔ فوقانی پوست شده و گرما را به سطوح پایین پوست منتقل می کند.



شکل۲- تاثیر پلاسمای غیرحرارتی فشار اتمسفری بر روی پوست

در اثر این فرآیند ، پوست جدید الیاف کلاژن و الاستین ایجاد می کند و در نهایت منجر به جوانسازی پوست می گردد. در این روش ، پلاسما به صورت یک قوس الکتریکی است که توسط یک دهانک [3] (شامل یک تیوب از جنس کاوارتز و یک الکترود سوزنی شکل) منتقل می شود. این فناوری ، کشش بیش از حد [4] در پوست ایجاد نمی کند و فقط روی پوست اضافی (شل) تاثیر می گذارد و می تواند آنرا به حالت اصلی خود بازگرداند.



شکل۳- پردازش پوست و ترمیم بافت

۳- مواد و روش ها

۳-۱- ساخت جت پلاسمای سرد فشار اتمسفری

منابع پلاسما را از نقطه نظر فشار ، به دو دستهٔ پلاسمای فشار اتمسفری و پلاسمای فشار پایین (تحت خلاء) تقسیم بندی می کنند. در حال حاضر توجه بیشتر به پلاسمای فشار اتمسفری به دلیل سادگی و هزینهٔ کم آن نسبت به پلاسمای فشار پایین است. پلاسما

[1] Micro Burn
[2] Arc
[3] Nozzle
[4] Over Lifting

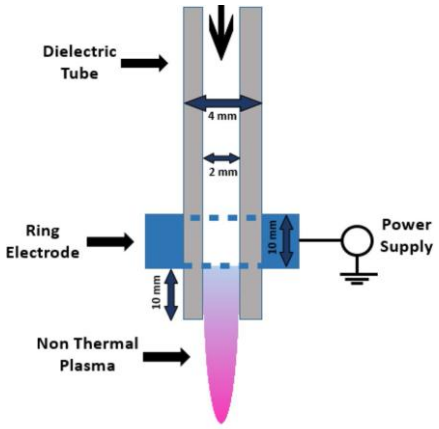
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جت، یک منبع پلاسمایی فشار اتمسفری با دمای پایین است که می تواند بر روی نواحی از صورت و بدن مورد استفاده قرار گیرد. این دستگاه به ما این امکان را می دهد که پوست و سایر نقاط حساس بدن را اسکن کنیم. به عبارت دیگر، جت پلاسما می تواند بدون ایجاد آسیب زیاد استفاده شود و زمان خرابی آن کمتر از سایر دستگاه های پلاسما می باشد. برای ساخت جت پلاسما ، از یک دهانک L شکل از جنس پیرکس به قطر داخلی 2 mm استفاده شده است. این مشعل متشکل از دو الکترود در داخل یک پوشش است:

شکل۴- دهانک جت پلاسما

برای ساخت جت پلاسما ، از یک الکترود استوانه ای تو خالی و یک حلقه استفاده شد . طرحواره اجزای داخلی دستگاه در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل۵- طرحواره اجزای داخلی دستگاه

الکترود استوانه ای به به یک منبع تغذیه DC با ولتاژ 8.2 KV و فرکانس 50 KHz و الکترود حلقوی نیز به زمین متصل شده و پلاسما ، در اثر تخلیهٔ الکتریکی با اعمال یک ولتاژ بالا [1] بین دو الکترود ایجاد می شود.

کل ساختار ، داخل یک پوشش قرار دارد که در ابتدای این پوشش ، ورودی شلنگ گاز وسیم های حامل جریان و در انتهای آن یک سوراخ برای خروج پلاسما است. نوع گاز، میزان سرعت شارش گاز و ولتاژ اعمالی در ایجاد پلاسما و در طول جت بسیار مؤثر است [۱۳]. هنگامی که پلاسما در تماس با سطح ماده قرار می گیرد انرژی از پلاسما انتقال پیدا می کند و اجازه می دهد تا واکنش های ثانویه در سطح مواد رخ دهد.

۳-۲- مدار و مشخصات الکتریکی

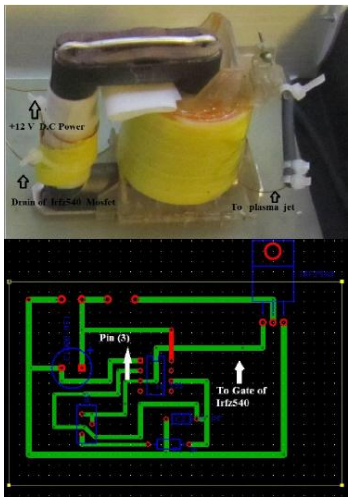
طراحی مدار الکتریکی مورد استفاده بر اساس ترانسفورماتور فلای بک[2] با فرکانس تشدیدی بالا که بر روی میله هسته فریت[3] پیچیده شده است انجام می گیرد. یک طرف این ترانسفورماتور به منبع تغذیه 12 ولتیDC و طرف دیگر آن به درگاه درین[4] ترانزیستور

[1] High Voltage
[2] Fly Back
[3] Ferrite Core
[4] Drain

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

اکسید فلزی اثر میدان IRF 540A (MOSFET) متصل شده است. چشمه[1] ترانزیستور متصل به پایانه منفی است در حالی که گیت[2] آن توسط پایه شماره 3 NE555 IC تغذیه می گردد. یک انتهای سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور به زمین متصل است و صفر می گردد و انتهای دیگر آن به نوک جت پلاسما متصل می شود:



شکل۶- مدار ولتاژ بالا با ترانس فلای بک

فرکانس تشدیدی ترانسفورماتور در حال کار کردن با خازنی به ظرفیت C و سلفی به خودالقایی L از رابطه زیر تعیین بدست می آید:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (۱)$$

شکل۷- نمای خارجی از واحد ولتاژ بالای طراحی شده

هنگامی که توان اعمال می شود، پایه شماره 3 NE555 IC ، جریان را به گیت MOSFET منتقل می کند و باعث می شود درین MOSFETجریان منبع تغذیه را که جریان تقویت شده است به سیم پیچ اولیه فلای بک انتقال دهد. در همان لحظه، سوئیچینگ[3] اولیه توسط MOSFET باعث ایجاد میدان مغناطیسی در هسته فریت می شود و در نتیجه به صورت یک ولتاژ بالا در سیم پیچ ثانویه فرو ظاهر می ریزد. این چرخه همچنان خودش را با یک فرکانس طبیعی تکرار می کند و فرکانس های کارکرد به صورت خودکار برای تشدید تنظیم می گردند.

۴- پارامترهای فیزیکی

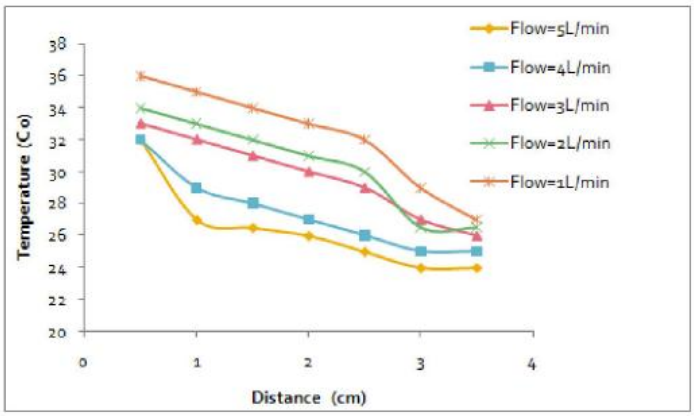
۴-۱-خواص حرارتی

چون انتشار فرکانس در محدوده کیلوهرتز در جت پلاسما میسر می شود و اندازه گیری را تحت تاثیر قرار می دهد، بنابراین از یک ترموکوپل برای اندازه گیری دمای محوری گاز استفاده می شود که با یک دماسنج جیوه ای این عیب برطرف شده است. دماسنج در فاصله های مختلف قرار داده شده و دمای قسمت هایی که گاز هلیوم در آنها در جریان است را اندازه گیری می نماید:

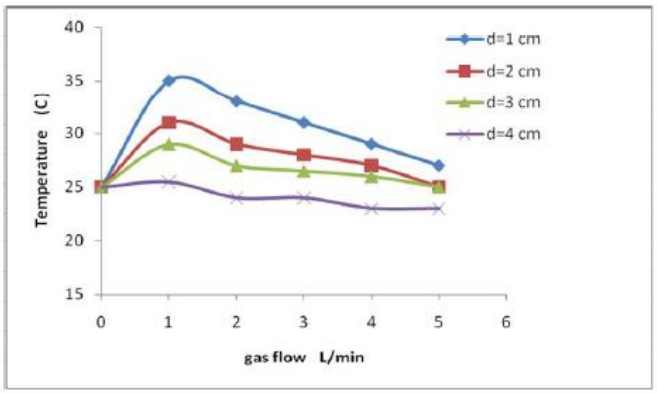
[1] Source
[2] Gate
[3] Switching

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل۸ - بستگی دمای گاز به فاصله محوری بین دماسنج و نوک دهانک برای شارش های کازی مختلف



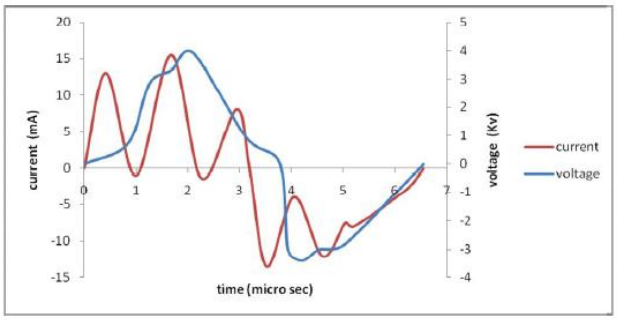
شکل۹ - بستگی دمای گاز به آهنگ شارش های کاز در فواصل مختلف

۴-۲- خواص الکتریکی

با اندازه گیری های ولتاژ و جریان ، توان پلاسما بدست می آید:

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T V(t)I(t)dt \qquad (۲)$$

که در آن V ولتاژ ، I جریان و T دوره تناوب نوسانات است. در این راستا یک پروب ولتاژ بالا برای اندازه گیری شکل موج ولتاژ توسط اسیلوسکوپ Gos − 652G 50MHz مورد استفاده قرار گرفت و جریان توسط پروب A6302 و سایر آرایه ها اندازه گیری شد. ولتاژ و جریان شکل موج در شکل (۱۰) نشان داده شده است:

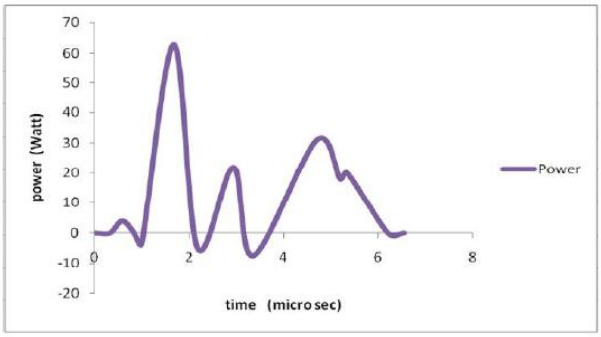


شکل ۱۰ - بستگی دمای گاز به آهنگ شارش های کاز در فواصل مختلف

توان اندازه گیری شده مطابق با ولتاژ و جریان شکل موج در شکل (۱۱) نشان داده شده است:

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل۱۱ – توان اندازه گیری شده بر حسب زمان

۵– نتیجه گیری

عدم تعادل فشار اتمسفری جت پلاسما با گاز هلیوم عمل با موفقیت توسعه داده شد. دمای گاز اندازه گیری شده توسط دماسنج جیوه ای در فواصل مختلف از نوک الکترود دهانک جت پلاسما ، برای آهنگ شارش های مختلف گاز ، نشان می دهد که دما در فواصل کمتر از 10 mm از نوک دهانک شیشه ای برای همه آهنگ های جریان گاز کمتر از 39 °C است و با افزایش فاصله از نوک دهانک و نیز برای آهنگ های جریان گاز بالاتر دمای گاز کاهش می یابد. افزایش ناگهانی دما در هیچ جریان گاز و در فواصل کوچکتر از 10 mm با توجه به گاز و قوس الکتریکی تخلیه بین الکترود پلاسما و دماسنج رخ نمی دهد. پیک تا پیک جریان شکل موج دارای چهار نوسان میرا از ولتاژ اعمال شده، با چرخه $6 - 5\ \mu s$ است. حداکثر توان برآورد با توجه به ولتاژ و جریان شکل موج موج 65 W و توان متوسط حدود 22 W است. از مزیت های نتایج کار حاضر و جت پلاسمای ساخته شده ، در دسترس بودن ، راه اندازی و کاربرد آسان آن است و مشعل پلاسما غیر حرارتی آن در فشار اتمسفری کار می کند. اندازه گیری پارامترهای الکتریکی پلاسما (ولتاژ و جریان شکل موج و توان) نشان داد که حرارت در فواصل بزرگتر از 2 cm از نوک سوزن پلاسما غیر تهاجمی و کمتر از 39 °C است، بنابراین هیچ آسیب حرارتی ندارد و در درمان زخم بسیار موثر است و در نتیجه می تواند در درمان های غیر تهاجمی استفاده شود. یکی از مهمترین مزیت های دستگاه پلاسما جت ساخته شده ، طراحی و ساخت این دستگاه با ساختار و هندسهٔ مناسب است. دستگاه هایی با قطر بزرگ باعث خستگی سریع اپراتور (تکنسین درمان) شده و منجر به کاهش دقت و عدم تنظیم درست زمان تابش روی پوست می شوند. همچنین دستگاه های سنگین می توانند کیفیت کار اپراتور را تحت تاثیر قرار دهند. مزیت مهم دیگر ، قابلیت تنظیم برنامهٔ انرژی و فرکانس برای بخش های مختلف صورت و سایر نقاط بدن می باشد و اپراتور می تواند به هر دلیلی که ترجیح می دهد انرژی یا فرکانس نیازمند تغییر است ، به راحتی بتواند تنظیمات خود را اعمال و ذخیره نماید.

۶– مراجع

1. D. Dobrynin, G. Fridman, and A. Fridman, New J. Phys. 11, (2009) 115020
2. H.R. Metelmann, T.V. Woedtke, K.D. Weltmann, Comprehensive clinical plasma medicine: cold physical plasma for medical application, Springer, (2018)
3. S. Cha, Y.S. Park, Plasma in dentistry, Clin Plasma Med. (2014), 4-10
4. K. D. Weltmann, T. V. Woedtke, The European Physical Journal Applied Physics 55, (2011) 1
5. K.D. Weltmann, E. Kindel, R. Brandenburg, C. Meyer, R. Bussiahn, C. Wilke, and T.V. Woedtke, Contrib. Plasma Phys. 49 (2009) 631
6. L. Boeckmann, T. Bernhardt, M. Schäfer, M.L. Semmler, Current indications for plasma therapy in dermatology, Der Hautarzt 71, (2020), 109–113
7. T. Bernhardt, M.L. Semmler, M. Schäfer, Plasma medicine: Applications of cold atmosphericpressure plasma in dermatology, Oxidative Medicine and Cellular Longevity, (2019)
8. T.C. Montie, K. Wintenberg, and J. R. Roth, An overview of research using the one atmosphere uniform glow discharge plasma (OAUGDP) for sterilization of surfaces and materials. Plasma Science, IEEE Transactions on 28, (2000), 41-50

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

9. Laroussi, M. Nonthermal decontamination of biological media by atmospheric-pressure plasmas: review, analysis, and prospects. Plasma Science, IEEE Transactions on 30, 1409–1415 (2002), 1409-1415
10. Isbary, G. et al. Cold atmospheric argon plasma treatment may accelerate wound healing in chronic wounds: Results of an open retrospective randomized controlled study in vivo. Clinical Plasma Medicine 1, (2013), 25-30
11. Keidar, M. et al. Cold plasma selectivity and the possibility of a paradigm shift in cancer therapy. British journal of cancer 105, (2011), 1295-1301
12. M. Keidar, et al. Cold atmospheric plasma in cancer therapy, Physics of Plasmas 20, (2013), 057101
13. F. Sohbatzadeh, A. Hosseinzadeh Colagar, S. Mirzanejhad, and S. Mahmodi, Appllied Biochemistry and Biotechnology 160 (2010), 1978

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Design and Manufacture of Plasma Jet with Therapeutic Purposes

Alireza Mohammadian Pourtalari

Department of Physics, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

amp_pprc@yahoo.com

Abstract

Plasmas are ionized gases and are described as the fourth state of matter. Atmospheric pressure plasma has been proposed as a possible new treatment in wound therapy. In recent years, the possibility of acceleration of wound healing by atmospheric pressure plasma has been the focus of attention in many studies. Plasma can produce reactive species such as Nitric oxide (NO), Hydroxyl (OH) and Atomic oxygen (O) which is an important reaction by living microorganisms. This special tissue-reactive species interaction may lead to the acceleration of tissue repair processes without adverse effects on normal tissue. In this paper, by introducing plasma medicine, the necessity of looking at plasma from the perspective of medical sciences and its applications has been discussed. Also, design and construction of atmospheric pressure plasma jet system using Helium gas is reported. The experimental setup is based on very simple and low cost electric components that generate electrical field sufficiently high at the electrodes to ionize Helium gas, which flow at atmospheric pressure.

Keywords: Plasma Medicine, Atmospheric Plasma, Plasma Jet, Skin Processing, Wound Healing

Archive of SID.ir