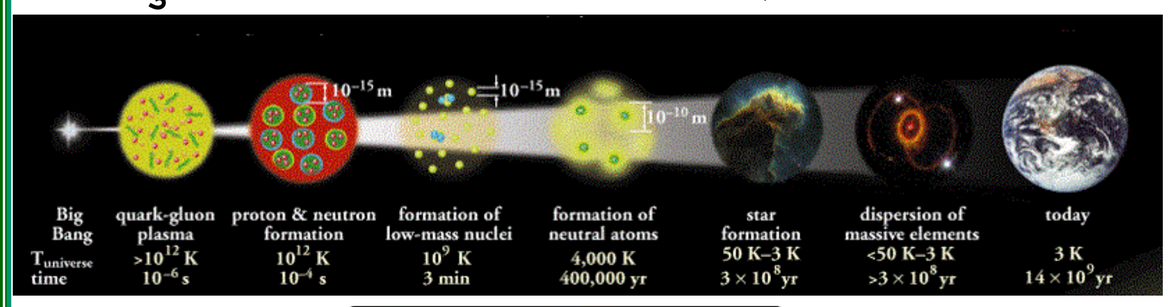
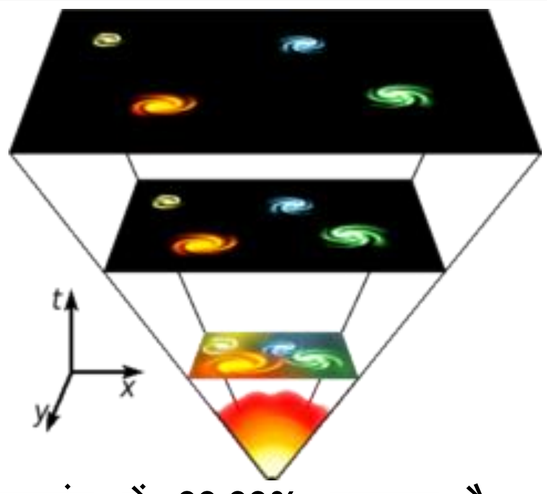
प्लाज़्मा की उत्पत्ति

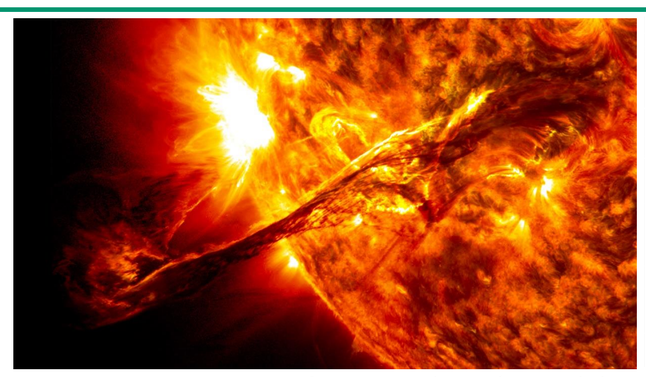
प्लाज्मा अनुसंधान संस्थान, गांधीनगर, 382 428, गुजरात (भारत)
www.ipr.res.in

ऐसा माना जाता है कि 13.7 अरब वर्षों पहले बिग-बैंग के अलावा हिंसक विस्फोट हुआ था, जो दर्शनीय ब्रह्माण्ड के उत्पन्न होने का कारण माना गया(हबल वॉल्यूम!) , ऐसा लगता है कि सब कुछ प्लाज़्मा से उत्पन्न हुआ हो। तो शुरूआत करने के लिए "पहला पदार्थ" प्लाज़्मा भी हो सकता है!

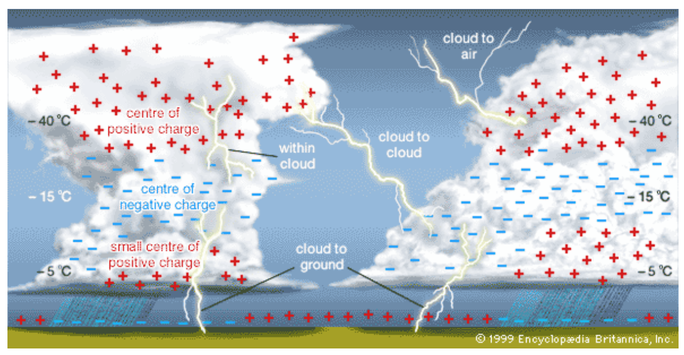




यद्यपि, दर्शनीय ब्रह्मांड में 99.99% प्लाज़्मा है, इसे वायुमण्डल और स्थितियों की तरह सामान्य पृथ्वी में होने वाले पदार्थों के आयनीकरण के लिए अत्यधिक तापमानों/ऊर्जा और विशेष परिस्थितियों की आवश्यकता होती है।



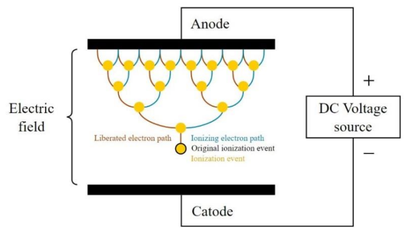
अत्यधिक गुरुत्वाकर्षण बलों और संबंधित घटनाओं द्वारा प्राप्त अति उच्च तापमान हाइड्रोजन गैस को आयनित रखता है और इसलिए सूर्य और तारें प्लाज़्मा के रूप में होते हैं।



बादलों और पृथ्वी के आर-पार निर्मित अति उच्च वोल्टेज स्थैतिक विद्युत से गैस का आयनीकरण होता है, जिसके परिणामस्वरूप इसी दौरान उच्च घनत्व वाले प्लाज़्मा को बिजली की चमक रूप में देखा गया है!

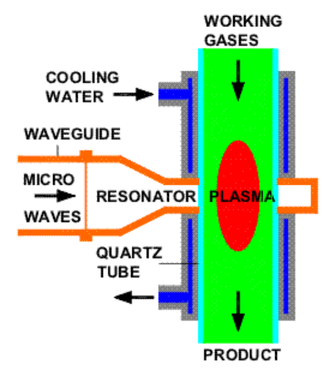
अरॉरा तब होता है जब सौर प्रज्वाल(flare) के दौरान सूर्य से आवेशित कण पृथ्वी के चुंबकीय कवच को बेधते हैं और वायुमण्डल में फोटॉनों के विस्फोटों से उत्सर्जित कणों को आयनित करते हैं।

मानव निर्मित प्लाज़्मा: प्लाज़्मा की विभिन्न विशेषताओं के कारण उसके संभावित अनुप्रयोगों की व्यापक मांग है। इसलिए इसके उत्पादन में विभिन्न तरीकों का इस्तेमाल किया जाता है। न्यूट्रल गैस के उपयुक्त संयोजन से ऊर्जा आपूर्ति का मूल विचार, जिससे चार्ज वाहक को उत्पन्न किया जाता है, जिसके फलस्वरूप सप्लाई गैस के अधिक आवेशित कणों के साथ टकराते हुए प्लाज्मा का गठन करके उसे बनाए रखता है।

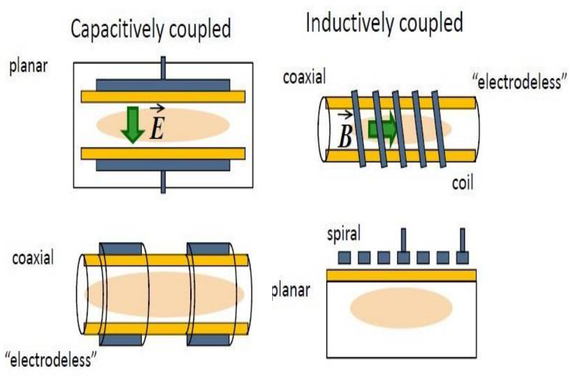


सामान्य तौर पर विद्युत क्षेत्र का प्रयोग कम तापमान वाले प्लाज़्मा को बनाने और बनाए रखने में किया जाता है। गैस में कॉस्मिक किरण या रेडियो सक्रिय की अंत:क्रियाओं के कारण गैस के किसी भी आयतन में कुछ इलेक्ट्रॉन और आयन होते हैं। ये क्षेत्र द्वारा त्वरित हो जाते हैं और न्यूट्रल के अधिक आयनीकरण का कारण बनते हैं, जो बदले में आवेशित कणों के ऐवेलांश में परिणत होते हैं। हानि का संतुलन और आवेशित कणों के उत्पादन से अंतत: स्थिर-अवस्था प्लाज़्मा की स्थितियाँ बनती है।

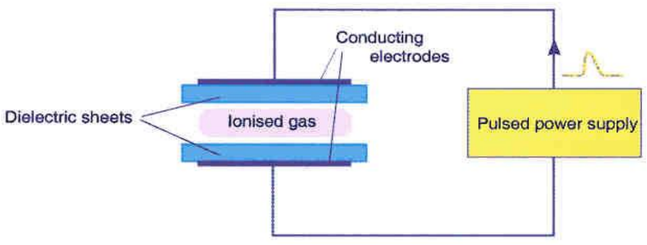
कैपेसिटिव और प्रेरण युग्मित RF डिस्चार्ज 1 -100 मेगाहर्टज की रेंज में संचालित होता है, विशेषतौर पर गैसीय दबाव 13.56 मेगाहर्ट्ज़ तरंग दैर्ध्य पर 10^{-3} मिलीबार से 10 मिलीबार तक होता है। गैस को आयनित करने में विद्युत चुम्बकीय तरंग ऊर्जा को आयनित गैस में प्रविष्ट किया जाता है और प्लाज़्मा को बनाए रखते हैं, जिसका इस्तेमाल प्रसंस्करण अनुप्रयोगों के लिए किया जाता है।

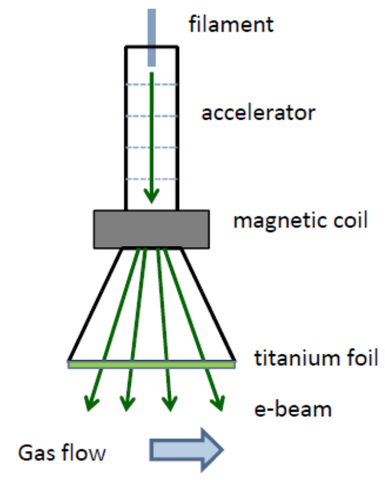


DBD निर्वहन या 'मूक निर्वहन' इलेक्ट्रोडों के लघु अन्तराल में गैसयुक्त परावैद्युत अवरोध के साथ उत्पन्न होता है। 1-100 kV, 50 Hz-1 MHz का इस्तेमाल विद्युत धारा घनत्व 100-1000 A cm^{-2}, इलेक्ट्रॉन घनत्व 10^{14}-10^{15} cm^{-3} और ऊर्जा 1-10 eV के तंतुओं को उत्पन्न करने के लिए किया जाता है। वायुमंडलीय दबाव पर एक गैर तापीय प्लाज़्मा लाभदायक है, जिसके व्यापक अनुप्रयोग हैं।



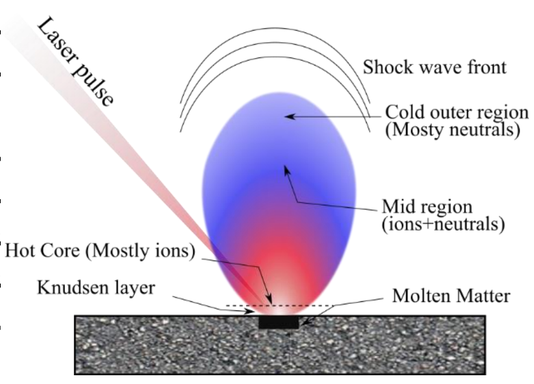
सूक्ष्मतरंग ऊर्जा को अलग-अलग तरीकों से विशिष्ट आवृत्ति 2.45 गीगाहर्ट्ज़ / 12.24 सेमी तरंगदैर्ध्य में थर्मोनिक उत्सर्जन द्वारा निर्मित इलेक्ट्रॉनों में स्थानांतरित किया गया है। 10^{13} कण सेमी$^{-3}$ तक के उच्च प्लाज़्मा घनत्वों और ~ 10^{3} केल्विन तापमानों तक अपेक्षाकृत उच्च इलेक्ट्रॉन तापमान से प्राप्त होता है!



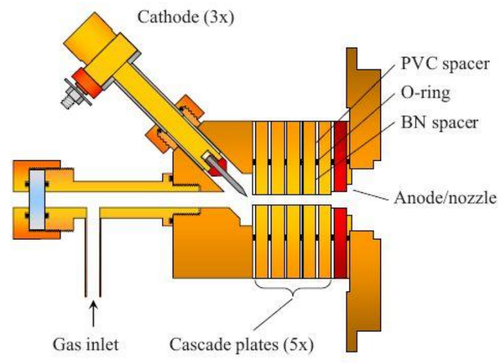


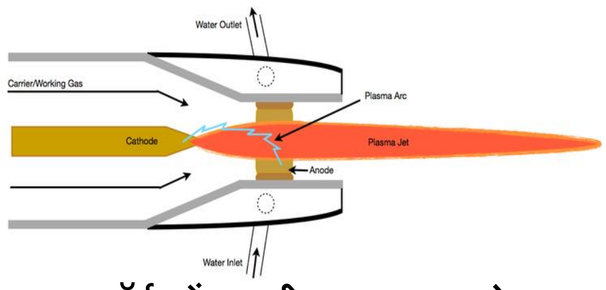
वर्ग मीटर आकार के उपयुक्त समानता वाले प्लाज़्मा का उत्पादन करने के लिए इलेक्ट्रॉन बीम, 0.01-0.02 टेस्ला के चुंबकीय क्षेत्र का इस्तेमाल किया जा सकता है। ऊर्जा अंतरण दर संभवतः 70% तक है। आयन और रेडिकल फ्लक्स पर स्वतंत्र नियंत्रण से उच्च दबावों पर उच्च इलेक्ट्रॉन घनत्वों को उत्पादित किया जा सकता है।

कई अनुप्रयोगों के साथ लेजर प्रेरित प्लाज़्मा को लेजर पृथक द्वारा उत्पन्न किया जाता है, जो इलेक्ट्रॉनिक ऊर्जा अवशोषण (~ fs) से शुरू होता है और कण के पुन: संघनन (~ ms) पर समाप्त होता है। यह प्रक्रिया ऊष्मीय, गैर-ऊष्मीय या दोनों के संयोजन द्वारा नियंत्रित होती है। ऊष्मीय, यांत्रिक, प्रकाश भौतिक, प्रकाश रसायन के आधार पर विभिन्न प्रणालियाँ मौजूद हैं।



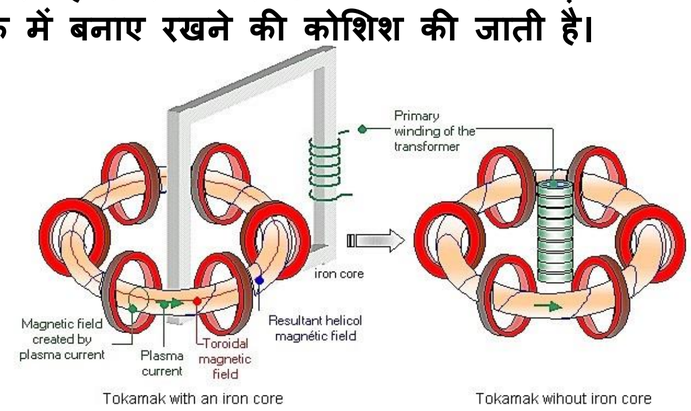
कैसकेड आर्क एक दीवार-स्थिर थर्मल इलेक्ट्रिक आर्क डिस्चार्ज है, जो उच्च-घनत्व आर्गन एवं हाईड्रोजन प्लाज़्मा 10^{19} – 10^{24} /cm^{-3} कम इलेक्ट्रॉन तापमान (~1 eV) का उत्पादन करने में सक्षम है। इसमें एक गैस इनलेट, कैथोड्स, एक नोजल और एक एनोड, अवरोधकों से अलग की गई कैसकेड प्लेटें हैं। आमतौर पर, गैस प्रवाह 100-300 A के डिस्चार्ज करंट पर ~ 2 × 10^{20} कण प्रति सेकंड होता है।





प्लाज़्मा टॉर्च में ऊष्मीय प्लाज़्मा को DC, AC एवं RF धाराओं एवं विभिन्न विन्यासों में डिस्चार्ज से प्राप्त करते हैं। यह कॉपर/टंगस्टन/ग्रेफाइट/मॉलिब्डेनम/सिल्वर आदि के इलेक्ट्रोडों से युक्त होता है एवं निरंतर प्रवाहित कार्यकारी गैस/तरल से प्लाज़्मा बनता है। 6x10^{3} से 50x10^{3}K पर 1 kW से 200 kW की सामर्थ्य सीमा के साथ और स्रोतों के प्रकार व सीमाओं पर आसानी से 90% ऊष्मीय दक्षता प्राप्त हो सकती है।

टोकामक में प्रतिरोध(ओमिक) ऊष्मा से प्लाज़्मा उत्पन्न किया जाता है, जिसके द्वारा प्रविष्ट गैस आयनित हो जाती है और प्राथमिक कॉयल (केन्द्रीय चुंबकीय कॉयल) के लिए द्वितीयक घुमावदार बन जाती है, जिसे ओमिक ट्रांसफार्मर कहते हैं। परमाणु संलयन के लिए उपयुक्त घनत्व और 100 मिलियन डिग्री सेंटीग्रेड और घनत्व के प्लाज़्मा का उत्पादन किया जाता है और पर्याप्त अवधि के लिए प्लाज़्मा को टोकामक में बनाए रखने की कोशिश की जाती है।



Illustrations owed to Internet websites and readily available on image search with related keywords