भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 20 अंक 2 दिसम्बर 2012 पृ. 221-224

आर एफ कण-क्षेपण (स्पटरिंग) से ए पी बी एन सपोर्ट रॉड्स पर कार्बन कोटिंग द्वारा क्षीणकारी (एटीन्यूएटर) का विकास

सुनीता आर्या, एस एम शर्मा, आर के शर्मा, विष्णु श्रीवास्तव, वी के बिन्दल* एवं ए के पॉल*
सूक्ष्म तरंग नलिका विभाग, सी.एस.आई.आर.-केन्द्रीय इलैक्ट्रॉनिकी अभियांत्रिकी अनुसंधान संस्थान, पिलानी 333031
*सी.एस.आई.आर.-केन्द्रीय वैज्ञानिक उपकरण संगठन, चण्डीगढ़ 160030

सारांश : किसी भी कार्यरत आदर्श सूक्ष्म तरंग नलिका में अकल्पनीय कारणवश तरंग के परावर्तन की सम्भावना बनी रहती है। जिस कारण वह आपेक्षित प्रतिभा प्रदर्शित नहीं कर पाती है। इस सम्भावना को खत्म करने के लिए ही सूक्ष्म तरंग नलिका में क्षीणकारी (एटीन्यूएटर) का प्रयोग किया जाता है। ये क्षीणकारी आवश्यकतानुसार नलिका के भीतर या बाहर कहीं भी प्रयोग किये जा सकते हैं। इन क्षीणकारियों को बनाने के लिए हेलिक्स सपोर्ट रॉड्स पर कार्बन या लौह तत्व से सीमित क्षेत्र में विशिष्ट प्रक्रिया द्वारा कोटिंग की जाती है। इस प्रपत्र में आर एफ कण-क्षेपण (स्पटरिंग) विधि द्वारा सपोर्ट रॉड्स पर कार्बन की कोटिंग कर क्षीणकारी बनाने की विधि का विस्तार से वर्णन किया गया है।

Development of attenuators by carbon coating on APBN support rods using RF sputtering techniques

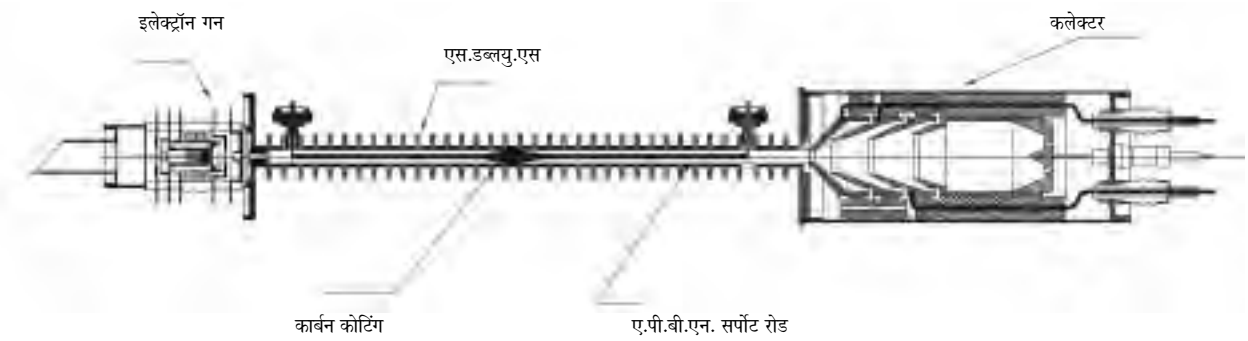
Suneeta Arya, S M Sharma, R K Sharma, V Srivastava, V K Bindal* & A K Paul*
CSIR- Central Electronics Engineering Research Institute, Pilani 333 031
*CSIR- Central Scientific Instruments Organization, Chandigarh 160030

Abstract

There are chances of reflections of unwanted signal, due to several unavoidable reasons, in any working microwave tube. Due to this, the tubes do not give the desired performance. To minimise the chances of reflections the attenuators are used in microwave tubes. These attenuators may be used either inside or outside the tube depending upon its end use. For the fabrication of the attenuators in helix TWTs, the support rods are coated with controlled carbon layer with the specific profile and length using the specific processes. In this paper process of carbon coating on support rods using RF sputtering technique has been described in detail.

प्रस्तावना

सी.एस.आई.आर.-केन्द्रीय इलैक्ट्रॉनिकी अभियांत्रिकी अनुसंधान संस्थान, पिलानी में 40 वॉट (सतत् तरंग) (के ए-बैण्ड आवृत्ति 20.6-21.2 गीगा हट्र्ज) सूक्ष्म तरंग नलिका का शोध कार्य प्रगति पर है (चित्र 1)। मुख्य रूप से इस सूक्ष्म तरंग नलिका को तीन भागों में बांटा जा सकता है - 1. इलेक्ट्रॉन गन, 2. स्लोवेव स्ट्रक्चर एवं 3. कलेक्टर। सामान्य रूप से क्षीणकारी किसी भी सूक्ष्म तरंग नलिका के मध्य भाग (स्लोवेव स्ट्रक्चर) में प्रयोग किया जाता है। परन्तु के ए - बैण्ड सूक्ष्म तरंग नलिका के स्लोवेव स्ट्रक्चर को दो भागों में बनाया जाता है, तथा दोनों भागों को जोड़ कर पूरा एक स्लोवेव स्ट्रक्चर तैयार किया जाता है। अतः इन भागों में प्रयुक्त होने वाली ए.पी.बी.एन. सपोर्ट रॉड्स के एक सिरे पर कोटिंग की जाती है (चित्र 3)। सूक्ष्म तरंग नलिका के दोनों भागों को इस प्रकार जोड़ा जाता है कि कार्बन कोटिंग मध्य में आ जाये तथा अवांछित परावर्तित तरंग को अवशोषित कर सके। यह कोटिंग सूक्ष्म तरंग नलिका की गेन व फेज़ गति को भी प्रभावित करती है। इसलिए इस वांछित कोटिंग को आवश्यकतानुसार प्राप्त करने के लिए उपयुक्त मानकों का निर्धारण करना अति आवश्यक है। क्षीणकारी बनाने के लिए मुख्य रूप से निम्नलिखित



चित्र 1 — सूक्ष्म तरंग नलिका का रेखाचित्र

चार विधियों का प्रयोग किया जाता है, तथा उनके गुण व दोषों को ध्यान में रख कर सही तकनीक का चुनाव कर किसी एक विधि का प्रयोग किया जाता है।

कोटिंग करने की विभिन्न विधियाँ इस प्रकार हैं।

1. एक्वाडेग स्प्रे कोटिंग (aquadag spary coating); 2. वाष्पन द्वारा लौह तत्व की कोटिंग; 3. कार्बनिक तत्व (हेप्टेन) विखण्डन द्वारा कोटिंग तथा 4. आर. एफ. कण-क्षेपण विधि द्वारा कार्बन कोटिंग।

के ए बैण्ड (20.6 - 21.2 गीगा हट्ज़) सूक्ष्म तरंग नलिका के विकास में प्रयुक्त होने वाले क्षीणकारी पर विधि संख्या चार का प्रयोग किया जाता है। इस विधि का विस्तार से इस प्रपत्र में वर्णन किया गया है।

उपरोक्त किसी भी विधि द्वारा उच्च श्रेणी की कोटिंग प्राप्त करने के लिए निम्न बातों का ध्यान रखना आवश्यक होता है :

- कोटिंग की सतह से किसी भी प्रकार का तरंग परावर्तन नहीं होना चाहिए
- कोटिंग विधि में कोटिंग की मोटाई समान रूप से तथा बार-बार प्राप्त की जा सके।
- कोटिंग के लिए प्रयोग में लाया जाने वाला पदार्थ शुद्ध व निर्वात् श्रेणी का होना चाहिए।
- कार्बन कोटिंग की परत ए.पी.बी.एन. सपोर्ट रॉड्स की सतह से मजबूती के साथ इस तरह चिपकी रहनी चाहिए ताकि दो या तीन बार 1000°C (लगभग) तक निर्वात में गर्म करने पर भी उसमें किसी प्रकार का परिवर्तन न आये।
- जितना सम्भव हो सके कोटिंग की लम्बाई कम से कम रखकर ज्यादा से ज्यादा क्षीणता पाने का प्रयास किया जाता है।
- कार्बन कोटिंग परावर्तित आर. एफ. शक्ति का सम्पूर्ण अवशोषण करने में सक्षम होनी चाहिए।

सामग्री एवं विधि

मशीन का विवरण : कार्बन कोटिंग के लिए प्रयोग में लाई जाने वाली मशीन सी. एस. आई. ओ., चण्डीगढ़ के वैज्ञानिकों द्वारा निर्मित है, जिसे उन्होंने सीरी की आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए बनाया है (चित्र 2)। इस मशीन का मुख्य भाग एक निर्वात कक्ष है। इसके एक हिस्से में मैंगनेट्रॉन लगा है, इस मैगनेट्रॉन के नीचे कार्बन की डिस्क लगी होती है, जिस पर आर एफ शक्ति लगाई जाती है। आर एफ शक्ति उत्पन्न करने के लिए आर एफ जनरेटर होता है, जोकि 13.56 मेगा हर्ट्ज आवृत्ति की आर. एफ. शक्ति उत्पन्न करता है। निर्वात कक्ष के दूसरे भाग में टर्बोमॉलिक्यूलर पम्प होता है जिसके प्रयोग से निर्वात उत्पन्न करना सम्भव होता है। निर्वात कक्ष में ही एक काँच की खिड़की बनी होती है, जिसे खोल कर रॉड को रखा जाता है। तत्पश्चात खिड़की को बन्द कर दिया जाता है तथा रोटरी व टर्बोमॉलिक्युलर पम्प के संयोजन की सहायता से निर्वात उत्पन्न किया जाता है। मशीन के कार्यरत होने की स्थिति में जब प्लाज्मा उत्पन्न होता है तब खिड़की से प्लाज्मा व रॉड को देखा जा सकता है। टर्बोमॉलिक्यूलर पम्प एक ओर रोटरी पम्प से जुड़ा होता है, जोकि निम्न श्रेणी ($2.5x10^{-1}$) का निर्वात उत्पन्न करता है तथा दूसरी ओर निर्वात कक्ष से जुड़ा होता है। निर्वात कक्ष व टर्बोमॉलिक्यूलर पम्प के बीच एक गेट वाल्व लगा होता है, जोकि इन दोनों को अलग करता

चित्र 2 — आर. एफ. कण-क्षेपण मशीन

है। निर्वात कक्ष में उत्पन्न हुए निर्वात की गणना करने के लिए डुअल गेज़ होता है, निर्वात कक्ष के तापमान की गणना करने के लिए तापमापक यंत्र होता है तथा समय की गणना के लिए समय सूचक यंत्र लगा होता है। ऑर्गन गैस प्लाज्मा बनाने के लिए आवश्यक होती है, इसे नियंत्रित करने के लिए एक गैस नियंत्रक यंत्र भी होता है।

क्षीणकारी बनाने की विधि : सर्वप्रथम ए.पी.बी.एन. सपोर्ट रॉड्स को मिथेनॉल में धोकर सुखाया जाता है। तत्पश्चात् आर एफ कण-क्षेपण मशीन में यथास्थान इस प्रकार ढक कर रख दिया जाता है, ताकि कोटिंग केवल वांछित स्थान पर ही हो सके। इसके बाद निर्वात कक्ष को बंद करके रोटरी व टर्बोमॉलिक्युलर पम्प के संयोजन द्वारा $4.5x10^{-5}$ टॉर के स्तर का निर्वात उत्पन्न किया जाता है। तत्पश्चात् गैस नियंत्रक के प्रयोग से ऑर्गन गैस का सतत् प्रवाह निर्वात कक्ष में किया जाता है। इससे निर्वात् का स्तर $4.5x10^{-5}$ टॉर से गिर कर $4.5x10^{-3}$ टॉर हो जाता है। इसी समय डीसी शक्ति 40 वोल्ट (अधिकतम 600 वोल्ट) का विभव रॉड रखने वाली प्लेट पर लगाया जाता है तथा साथ ही आर एफ शक्ति के स्तर को धीरे धीरे बढ़ाया जाता है। खिड़की से झांक कर उत्पन्न होने वाले प्लाज्मा को देखा जा सकता है। प्लाज्मा बनते ही आर एफ शक्ति स्तर को आरोपित कर लगभग 4 घण्टे या अधिक समय तक कण-क्षेपण विधि द्वारा कोटिंग का क्रम लगातार जारी रहता है। डीसी वोल्टेज, आर एफ शक्ति तथा कार्यकाल सीमा को बदल कर वांछित स्तर की कार्बन कोटिंग ए. पी. बी. एन. सपोर्ट रॉड्स पर प्राप्त की जाती है।

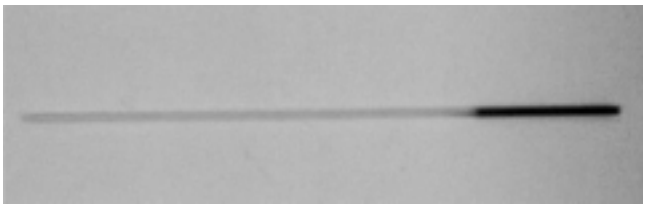
चित्र संख्या 3 में बिना कोटिंग की गयी ए. पी. बी. एन. सपोर्ट रॉड्स तथा एक सिरे पर कोटिंग की गयी रॉड को दर्शाया गया है। चित्र संख्या 3 (ब) में कोटिंग को स्पष्ट देखा जा सकता है। ए. पी. बी. एन. सपोर्ट रॉड्स के एक सिरे से कोटिंग प्रारम्भ हो कर लगातार कम

अ- बिना कोटिंग की गई रॉड

ब- कोटिंग की गई रॉड

चित्र 3 — ए. पी. बी. एन. सपोर्ट रॉड्स

(नमूना सं.- 1)



(नमूना सं.- 2)

चित्र 4 — कोटिंग की गई ए. पी. बी. एन. सपोर्ट रॉड्स

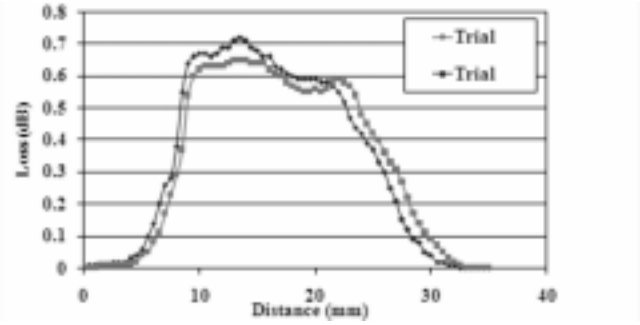
हो जाती है। जिसका स्वरूप पहाड़ी की ढलान की भांति आवश्यकतानुसार बनाया जाता है। इस कोटिंग का स्वरूप निर्धारित मानकों के परिवर्तन से इच्छानुसार प्राप्त किया जा सकता है। चित्र 4 में दो नमूनों को प्रदर्शित किया गया है। कोटिंग के लिए जो मानक निर्धारित किये गये थे, उनका तुलनात्मक वर्णन नीचे दी गई सारणी 1 में किया गया है। वांच्छित कोटिंग प्राप्त करने के पश्चात् उनकी अवशोषण क्षमता की जाँच की जाती है और इस प्रकार उपयुक्त पाये जाने के पश्चात् ही उसका प्रयोग के ए - बैण्ड 40 वॉट (सतत् तरंग) सूक्ष्म तरंग नलिका में भली प्रकार किया जाता है।

आर एफ शक्ति क्षय गणना करने की विधि : चित्र 5 में आर एफ शक्ति क्षय गणना यंत्र को दर्शाया गया है। इसमें मुख्य रूप से एक आर एफ शक्ति उत्पादक यंत्र होता है तथा एक आर एफ शक्ति मापक यंत्र होता है। एक स्टेपर मोटर की सहायता से कोटिंग युक्त ए. पी. बी. एन. सपोर्ट रॉड्स को नियंत्रित रूप से सरकाया जाता है ताकि वह आयताकार वेवगाइड के मध्य छिद्र में धीरे-धीरे प्रवेश कर सके। इसी समय वेवगाइड में एक ओर से आर एफ शक्ति प्रवाहित की जाती

सारणी 1 — दोनों नमूनों में प्रयुक्त किये गये मानकों का विवरण

मानक	नमूना संख्या-1	नमूना संख्या-2
कार्यरत दबाब	$4\text{-}7 x10^{-3}$ टॉर	$4\text{-}6 x10^{-3}$ टॉर
गैस प्रवाह की दर	0.05 एस.सी.सी.एम.	0.05 एस.सी.सी.एम.
इनपुट आर एफ शक्ति	400 वोल्ट	400 वोल्ट
डी सी वोल्टेज	40 वोल्ट	40 वोल्ट
समय	4 घण्टे	6 घण्टे

चित्र 5 — नमूनों की अवशोषण क्षमता की जाँच



चित्र 6 — नमूनों की अवशोषण क्षमता की जाँच

है तथा दूसरी ओर से अवशोषण के बाद बची हुई शक्ति को शक्ति मापक यंत्र (मीटर) द्वारा मापा जाता है। इस प्रकार प्रारम्भ में दी गयी आर एफ शक्ति तथा अवशोषण के बाद शेष बची शक्ति की गणना करके कार्बन कोटिंग द्वारा अवशोषण की क्षमता को ज्ञात किया जाता है।

परिणाम एवं विवेचना

उपरोक्त विधि द्वारा प्राप्त कोटिंग के दो नमूनों की अवशोषण क्षमता की जाँच की गयी। नमूना 1 तथा 2 की अवशोषण क्षमता को चित्र 6 में रेखाचित्र के माधयम से दर्शाया गया है। चित्र को देखने से ज्ञात होता है कि दोनों नमूनों पर कोटिंग में थोड़ा अन्तर है। यह अन्तर कोटिंग कार्यकाल व इनपुट शक्ति की भिन्नता के कारण हुआ है, अन्यथा दोनों में काफी समानता है। दोनों ही नमूने प्रयोग के लिए उपयुक्त हैं, तथापि नमूना संख्या 2 अधिक उपयोगी है।

सी. एस. आई. ओ., चण्डीगड़ के वैज्ञानिकों द्वारा विकसित मशीन परिपक्व है तथा इसके प्रयोग से स्पटरिंग विधि द्वारा कार्बन कोटिंग करना एक स्वच्छ प्रक्रिया है। इसलिए इस विधि द्वारा आकाशीय सूक्ष्म तरंग नलिका की ए. पी. बी. एन. सपोर्ट रॉड्स पर कोटिंग करने का प्रयास किया जा रहा है। अभी तक प्राप्त परिणाम उत्साहवर्धक हैं।

संदर्भ

1. Steele SR, "Attenuative Materials in High Power Microwave Tubes" Advances in Electron Tube Techniques , Proc. Fifth National Conference, Sept.1960.
2. Falce Louis R, "Improved Techniques for Producing Pyrolytic Graphite Attenuator Films for microwave Tubes". (Eight conference on tube Techniques) Sept 20-22, 1966. PP 157-62.
3. Sharma SM et al.,"Development of thin film attenuators for Helix TWTs" presented in symposium on microwave tubes and their applications (MIPTA-90), CEERI, Pilani 21-23 Sept. 1990.