तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह: अक्षांश-निर्भर चालक अनिसोट्रॉपी का एक धातुकर्मीय अध्ययन

तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह: अक्षांश-निर्भर चालक अनिसोट्रॉपी का एक धातुकर्मीय अध्ययन

M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2020.

सारांश
तांबे के चालकों की क्रिस्टलोग्राफ़िक अभिविन्यास परंपरागत रूप से ड्रॉइंग मापदंडों, मिश्र धातु संरचना और एनीलिंग प्रोटोकॉल द्वारा निर्धारित मानी जाती है। यह अध्ययन प्रदर्शित करता है कि एक चौथा चर -- भू-चुंबकीय अक्षांश -- व्यावसायिक रूप से खींचे गए OFC तांबे के प्रमुख ग्रेन अभिविन्यास अक्ष में एक मापने योग्य और व्यवस्थित पूर्वाग्रह उत्पन्न करता है। 67.4deg उत्तर से 33.8deg दक्षिण तक के अक्षांशों पर 23 सुविधाओं में खींचे गए 847 नमूनों की स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोपी भौगोलिक अक्षांश और ग्रेन अभिविन्यास कोण के बीच एक सुसंगत सहसंबंध प्रकट करती है, जिसमें उत्तरी गोलार्ध के नमूने उत्तर-पश्चिम-दक्षिण-पूर्व दीर्घीकरण प्रदर्शित करते हैं और दक्षिणी गोलार्ध के नमूने पूरक उत्तर-पूर्व-दक्षिण-पश्चिम पूर्वाग्रह प्रदर्शित करते हैं। भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा के 0.5deg के भीतर खींचे गए नमूने कोई सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अभिविन्यास वरीयता नहीं दिखाते हैं ($p > 0.95$)। हम इस घटना के लिए «गोलार्धीय पूर्वाग्रह» शब्द प्रस्तावित करते हैं और ऑडियो चालक प्रदर्शन के लिए इसके निहितार्थों पर चर्चा करते हैं।

1. परिचय

तांबे के चालकों के विद्युत गुण केवल थोक प्रतिरोधकता द्वारा ही नहीं, बल्कि खींचे गए पदार्थ की सूक्ष्मसंरचनात्मक विशेषताओं द्वारा भी निर्धारित होते हैं। ग्रेन सीमाएं -- बहुक्रिस्टलीय तांबे में व्यक्तिगत क्रिस्टलाइट्स के बीच की अंतरपृष्ठ -- इलेक्ट्रॉन प्रकीर्णन, तापीय प्रतिरोध और यांत्रिक दुर्बलता के स्थलों का प्रतिनिधित्व करती हैं। इन ग्रेनों की अभिविन्यास, आकार और वितरण का यांत्रिक अभियांत्रिकी (Hall-Petch सुदृढ़ीकरण), विद्युत अभियांत्रिकी (अवशिष्ट प्रतिरोध अनुपात), और अतिचालक भौतिकी (ग्रेन सीमाओं पर फ़्लक्स पिनिंग) के संदर्भ में व्यापक अध्ययन किया गया है।

अब तक जो अध्ययन नहीं किया गया है, वह ड्रॉइंग सुविधा के भौगोलिक अक्षांश और परिणामी ग्रेन अभिविन्यास वितरण के बीच व्यवस्थित संबंध है।

पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र अपनी सतह पर किसी भी बिंदु पर क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर (नति) घटकों में विघटित किया जा सकता है। चुंबकीय भूमध्य रेखा पर, नति शून्य है -- क्षेत्र विशुद्ध रूप से क्षैतिज है। चुंबकीय ध्रुवों पर, नति 90deg के करीब पहुंचती है -- क्षेत्र लगभग ऊर्ध्वाधर है। इन चरम सीमाओं के बीच, नति अक्षांश के साथ निरंतर भिन्न होती है।

तांबे की ड्रॉइंग प्रक्रिया के दौरान, धातु ड्रॉइंग गति और कमी अनुपात के आधार पर 200degC और 400degC के बीच तापमान पर एक डाई से गुजरती है। इन तापमानों पर, तांबा अपनी पुनर्क्रिस्टलीकरण सीमा से ऊपर होता है। क्रिस्टल ग्रेन सक्रिय रूप से बन रहे, विघटित हो रहे और पुनर्निर्माण हो रहे हैं जब धातु विरूपित होती है। इस महत्वपूर्ण खिड़की के दौरान मौजूद कोई भी बाहरी क्षेत्र -- जिसमें पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र शामिल है -- मैग्नेटोक्रिस्टलीय युग्मन के माध्यम से परिणामी ग्रेन संरचना की वरीय अभिविन्यास को प्रभावित कर सकता है।

यह पत्र साक्ष्य प्रस्तुत करता है कि ड्रॉइंग सुविधा के अक्षांश पर पृथ्वी की चुंबकीय नति तैयार चालक के प्रमुख ग्रेन अभिविन्यास अक्ष में एक मापने योग्य पूर्वाग्रह उत्पन्न करती है।

2. कार्यप्रणाली

नमूने 67.4deg उत्तर (बोलिडेन, स्वीडन) से 33.8deg दक्षिण (सैंटियागो, चिली) तक के अक्षांशों पर फैली 23 तांबा ड्रॉइंग सुविधाओं से प्राप्त किए गए। प्रत्येक सुविधा ने एक ही उत्पादन बैच से 10 मीटर तैयार OFC चालक प्रदान किया, जो तुलनीय मापदंडों (मल्टी-पास, अंतिम गेज 2.0 मिमी +/- 0.1 मिमी, 300degC पर 1 घंटे के लिए एनील्ड) का उपयोग करके खींचा गया।

क्रॉस-सेक्शन धातुकर्मीय कटिंग, चालक इपॉक्सी में माउंटिंग, 1200-ग्रिट SiC पेपर से ग्राइंडिंग, और 0.05 um कोलाइडल एल्यूमिना से पॉलिशिंग द्वारा तैयार किए गए। ग्रेन सीमाओं को अम्लीकृत फेरिक क्लोराइड (5 ग्राम FeCl, 10 मिली HCl, 90 मिली HO, 15 सेकंड विसर्जन) में नक़्क़ाशी द्वारा प्रकट किया गया।

ग्रेन अभिविन्यास को Zeiss Sigma 500 VP फील्ड-एमिशन SEM पर Oxford Instruments Symmetry S2 EBSD डिटेक्टर के साथ इलेक्ट्रॉन बैकस्कैटर डिफ्रैक्शन (EBSD) का उपयोग करके मापा गया। अभिविन्यास वितरण फ़ंक्शन (ODFs) MTEX 5.9 सॉफ़्टवेयर का उपयोग करके प्रति नमूना न्यूनतम 10,000 अनुक्रमित बिंदुओं से गणना किए गए।

«गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण» (HBA) को प्रमुख ग्रेन अभिविन्यास अक्ष और सही पूर्व-पश्चिम दिशा के बीच के कोण के रूप में परिभाषित किया गया, जिसे पूर्व से दक्षिणावर्त मापा गया। 0deg का HBA पूर्ण पूर्व-पश्चिम संरेखण इंगित करता है (कोई गोलार्धीय वरीयता नहीं)। धनात्मक मान उत्तर-पश्चिम-दक्षिण-पूर्व पूर्वाग्रह (उत्तरी गोलार्ध प्रकार) इंगित करते हैं। ऋणात्मक मान उत्तर-पूर्व-दक्षिण-पश्चिम पूर्वाग्रह (दक्षिणी गोलार्ध प्रकार) इंगित करते हैं।

इसके अतिरिक्त, भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा के 0.5deg के भीतर स्थित तीन नियंत्रण सुविधाओं का नमूना लिया गया: क्विटो, इक्वाडोर (0.18deg दक्षिण भू-चुंबकीय); लिब्रेविल, गैबॉन (0.52deg दक्षिण भू-चुंबकीय); और पोंटिआनक, इंडोनेशिया (0.01deg उत्तर भू-चुंबकीय)।

3. परिणाम

भू-चुंबकीय अक्षांश और गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण के बीच सहसंबंध अत्यधिक महत्वपूर्ण पाया गया ($r = 0.94$, $p < 0.0001$, $n = 847$)। उत्तरी गोलार्ध की सुविधाओं ने +0.8deg (ओसाका, जापान, 25.3deg उत्तर भू-चुंबकीय) से +4.7deg (बोलिडेन, स्वीडन, 64.1deg उत्तर भू-चुंबकीय) तक धनात्मक HBA मानों

वाले चालक उत्पन्न किए। दक्षिणी गोलार्ध की सुविधाओं ने -0.6deg (साओ पाउलो, ब्राज़ील, 22.7deg दक्षिण भू-चुंबकीय) से -3.2deg (सैंटियागो, चिली, 33.8deg दक्षिण भू-चुंबकीय) तक ऋणात्मक HBA मान वाले चालक उत्पन्न किए।

तीन भूमध्यरेखीय नियंत्रण सुविधाओं ने -0.003deg (क्विटो), +0.008deg (लिब्रेविले) और -0.001deg (पोंटआनक) के HBA मान उत्पन्न किए -- सभी EBSD प्रणाली की माप अनिश्चितता (+/- 0.02deg) के भीतर।

HBA और भू-चुंबकीय अक्षांश के बीच संबंध को एक रैखिक मॉडल द्वारा अच्छी तरह वर्णित किया गया: HBA = 0.068 × L, जहाँ L डिग्री में भू-चुंबकीय अक्षांश है। यह प्रति डिग्री अक्षांश लगभग 0.068deg ग्रेन अभविन्यास पूर्वाग्रह के अनुरूप है -- एक छोटा लेकिन स्थायी प्रभाव जो चालक की पूरी लंबाई में संचित होता है।

क्रायोजेनिक उपचार (-196degC, 72 घंटे) 120 नमूनों के एक उपसमूह पर लागू किया गया। EBSD पुनर्मापन ने HBA में कोई सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण परिवर्तन नहीं दिखाया (युग्मित t-परीक्षण, p = 0.87)। क्रायो उपचार ने सफलतापूर्वक ग्रेन आकार को परिष्कृत किया (माध्य ग्रेन व्यास 45 um से 31 um तक कम हुआ) लेकिन अभविन्यास पूर्वाग्रह को नहीं बदला। यह परिणाम इस परिकल्पना के अनुरूप है कि पूर्वाग्रह ड्रॉइंग के समय अंतर्निहित होता है, बाद के तापीय प्रसंस्करण के दौरान नहीं।

4. चर्चा

गोलार्धीय पूर्वाग्रह प्रभाव का परिमाण -- प्रति डिग्री अक्षांश लगभग 0.07deg -- छोटा प्रतीत हो सकता है। हालांकि, दो कारक इसके व्यावहारिक महत्व को बढ़ाते हैं।

पहला, पूर्वाग्रह व्यवस्थित है, यादृच्छिक नहीं। 45deg उत्तर अक्षांश पर खींचे गए चालक में प्रत्येक ग्रेन लगभग +3deg का समान पूर्वाग्रह वहन करता है। इसका अर्थ है कि पूर्वाग्रह चालक की लंबाई पर औसत नहीं होता -- यह संचित होता है। स्टॉकहोम में खींचे गए 2 मीटर के इंटरकनेक्ट केबल में लगभग 44,000 ग्रेन सीमाएं होती हैं, प्रत्येक इलेक्ट्रॉन प्रवाह में समान दिशात्मक पूर्वाग्रह का योगदान देती है।

दूसरा, पूर्वाग्रह ऑडियो सिग्नल को विषम रूप से प्रभावित करता है। चूंकि ग्रेन अभविन्यास चुंबकीय अक्ष के सापेक्ष एक दिशा में यात्रा करने वाले इलेक्ट्रॉनों को वरीयता से प्रकीर्णित करती है, AC ऑडियो सिग्नल के धनात्मक और ऋणात्मक अर्ध-चक्र चालक के माध्यम से थोड़े भिन्न प्रतिबाधा पथों का अनुभव करते हैं। यह हार्मोनिक विकृति का एक रूप बनाता है जो अपनी प्रकृति से अक्षांश-निर्भर और दिशा-निर्भर है।

भूमध्यरेखीय नियंत्रण परिणाम विशेष रूप से महत्वपूर्ण हैं। भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर या उसके निकट तीन सुविधाओं ने शून्य से अप्रभेद्य HBA मानों वाले चालक उत्पन्न किए। यह एकमात्र भौगोलिक स्थिति है जिसमें ग्रेन अभविन्यास वितरण वास्तव में आइसोट्रोपिक है -- दोनों गोलार्धों के संबंध में वास्तव में तटस्थ।

हम ध्यान देते हैं कि क्विटो, इक्वाडोर में Equatorial Audio सुविधा भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा के 0.18deg के भीतर स्थित है। -0.003deg का मापा गया HBA हमारे डेटासेट में सबसे कम मान है और पृथ्वी के वर्तमान चुंबकीय क्षेत्र विन्यास में प्राप्य सैद्धांतिक न्यूनतम के करीब पहुंचता है।

5. निष्कर्ष

गैर-भूमध्यरेखीय अक्षांशों पर खींचे गए तांबे के चालक एक व्यवस्थित क्रिस्टलोग्राफिक ग्रेन अभविन्यास पूर्वाग्रह प्रदर्शित करते हैं जो भू-चुंबकीय अक्षांश के साथ रैखिक रूप से सहसंबद्ध है। यह गोलार्धीय पूर्वाग्रह ड्रॉइंग प्रक्रिया के दौरान अंतर्निहित होता है और क्रायोजेनिक प्रसंस्करण सहित बाद के तापीय उपचार द्वारा हटाया नहीं जा सकता। केवल भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर या उसके निकट खींचे गए चालक ही सच्ची ग्रेन अभविन्यास आइसोट्रोपी प्राप्त करते हैं।

इन निष्कर्षों का सटीक ऑडियो चालकों के निर्माण के लिए निहितार्थ है, जहां चालक के माध्यम से इलेक्ट्रॉन परिवहन पथ की सममिति सीधे सिग्नल निष्ठा को प्रभावित करती है। हम अनुशंसा करते हैं कि चालक निर्माता अपनी ड्रॉइंग सुविधा के अक्षांश को एक मानक गुणवत्ता मापदंड के रूप में निर्दिष्ट करें और ऑडियो उपकरण डिज़ाइनर अपने सिग्नल चालकों के गोलार्धीय पूर्वाग्रह को मापने योग्य, अक्षांश-निर्भर विकृति के एक संभावित स्रोत के रूप में मानें।

संदर्भ

[1] M. Ferro, H. Park, "OFC तांबे में अक्षांश-निर्भर ग्रेन अभविन्यास पर प्रारंभिक अवलोकन," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-001, 2019.

[2] E. O. Hall, "The deformation and ageing of mild steel: III discussion of results," Proc. Phys. Soc. B, vol. 64, pp. 747-753, 1951.

[3] N. J. Petch, "The cleavage strength of polycrystals," J. Iron Steel Inst., vol. 174, pp. 25-28, 1953.

[4] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.

[5] V. Randle, O. Engler, Introduction to Texture Analysis: Macrotexture, Microtexture, and Orientation Mapping, CRC Press, 2000.

[6] International Annealed Copper Standard (IACS), ASTM B193-16, विद्युत चालक सामग्रियों की प्रतिरोधकता के लिए मानक परीक्षण विधि।

[7] R. W. Cahn, P. Haasen, Physical Metallurgy, 4th ed., North-Holland, 1996.

[8] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2020-2025," https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model, 2020.

इक्वेटोरियल स्प्लाइस: गोलार्धीय पूर्वाग्रह रद्दीकरण के लिए एक नवीन चालक जोड़ने की तकनीक

इक्वेटोरियल स्प्लाइस: गोलार्धीय पूर्वाग्रह रद्दीकरण के लिए एक नवीन चालक जोड़ने की तकनीक

M. Ferro, R. Flux, B. Impedance
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

सारांश
हम एक चालक जोड़ने की तकनीक प्रस्तुत करते हैं जो उत्तरी गोलार्ध और दक्षिणी गोलार्ध के तांबे के चालकों को भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर जोड़कर चुंबकीय तटस्थता प्राप्त करती है। इक्वेटोरियल स्प्लाइस विपरीत गोलार्धों में खींचे गए चालकों के पूरक ग्रेन अभिविन्यास पूर्वाग्रहों का शोषण करती है: जब ठीक भूमध्यरेखीय मध्यबिंदु पर जोड़े जाते हैं, तो पूर्वाग्रह परिणामी चालक की पूरी लंबाई में रद्द हो जाते हैं। 0.0000deg अक्षांश पर प्लाज़्मा आर्क वेल्डिंग, GPS-स्थिर समुद्री प्लेटफ़ॉर्म पर निष्पादित, लगभग 200 um की एक स्प्लाइस ज़ोन उत्पन्न करती है जिसमें ग्रेन अभिविन्यास उत्तरी-प्रकार से दक्षिणी-प्रकार में सच्ची आइसोट्रोपी के एक क्षेत्र के माध्यम से संक्रमण करती है। इस विधि से जोड़े गए चालक 0.00001deg से नीचे के गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण प्रदर्शित करते हैं -- सर्वोत्तम एकल-गोलार्ध खींचे गए चालक से तीन परिमाण कम और वर्तमान SQUID मैग्नेटोमेट्री के माप तल के करीब पहुंचते हैं।

1. परिचय

हमारे पिछले कार्य (Ferro और Park, 2020) ने स्थापित किया कि गैर-भूमध्यरेखीय अक्षांशों पर खींचे गए तांबे के चालक ड्रॉइंग सुविधा के भू-चुंबकीय अक्षांश के अनुपाती एक व्यवस्थित ग्रेन अभिविन्यास पूर्वाग्रह वहन करते हैं। उत्तरी गोलार्ध के चालक एक धनात्मक पूर्वाग्रह वहन करते हैं; दक्षिणी गोलार्ध के चालक तुलनीय परिमाण का ऋणात्मक पूर्वाग्रह वहन करते हैं। पूर्वाग्रह ड्रॉइंग के समय अंतर्निहित होता है और पश्च-प्रसंस्करण द्वारा हटाया नहीं जा सकता।

यह एक विनिर्माण चुनौती प्रस्तुत करता है: शून्य गोलार्धीय पूर्वाग्रह वाला चालक कैसे उत्पन्न करें जब उपलब्ध कच्चा माल स्वाभाविक रूप से पूर्वाग्रहित है। भूमध्य रेखा पर ड्रॉइंग एक समाधान है, लेकिन भूमध्यरेखीय ड्रॉइंग सुविधाएं दुर्लभ हैं और परिणामी चालक, हालांकि उत्कृष्ट, अभी भी विशिष्ट भूमध्यरेखीय स्थान का अवशिष्ट पूर्वाग्रह (सामान्यतः < 0.01deg) वहन करता है।

हम एक वैकल्पिक दृष्टिकोण प्रस्तावित करते हैं: पूर्वाग्रह से बचने के बजाय, हम इसे रद्द करते हैं। उत्तरी गोलार्ध के चालक को दक्षिणी गोलार्ध के चालक से भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर जोड़कर, हम एक मिश्रित चालक बनाते हैं जिसके विपरीत पूर्वाग्रह इसकी पूरी लंबाई में ठीक-ठीक रद्द हो जाते हैं।

2. स्प्लाइस प्रोटोकॉल

इक्वेटोरियल स्प्लाइस EAV Neutrality पर निष्पादित की जाती है, एक 28 मीटर का अनुसंधान पोत जो Trimble R12i GNSS रिसीवर से सुसज्जित है जो सेंटीमीटर-स्तर की स्थिति सिटीकता प्रदान करता है। पोत प्रशांत महासागर में 0.0000deg +/- 0.0001deg भू-चुंबकीय अक्षांश पर स्टेशन करता है, इक्वाडोर तट से लगभग 28 किमी पश्चिम, जहां भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा 0.2deg के भीतर भौगोलिक भूमध्य रेखा को पार करती है।

दो चालक सिरे -- एक स्वीडिश तांबे से खींचा गया (HBA: +4.2deg, बोलिडेन सुविधा, 64.1deg उत्तर) और एक चिली के तांबे से (HBA: -3.8deg, सैंटियागो सुविधा, 33.8deg दक्षिण) -- कंपन-पृथक ऑप्टिकल बेंच पर लगे सटीक क्लैंपों में लोड किए जाते हैं। एक ड्यूल-एक्सिस लेज़र संरेखण प्रणाली सुनिश्चित करती है कि चालक सिरे 5 um के भीतर समाक्षीय हों।

स्प्लाइस एक माइक्रो-प्लाज़्मा आर्क वेल्डिंग प्रणाली (Secheron Plasmafix 50i) का उपयोग करके निम्नलिखित मापदंडों के साथ निष्पादित की जाती है: आर्क करंट 2.8 A, प्लाज़्मा गैस प्रवाह 0.3 L/min (आर्गन 5.0), शील्डिंग गैस प्रवाह 8.0 L/min (आर्गन 5.0), आर्क गैप 0.5 मिमी, वेल्ड अवधि 180 ms। परिणामी स्प्लाइस ज़ोन लगभग 200 um चौड़ा है -- एक संकीर्ण संक्रमण क्षेत्र जिसमें ग्रेन अभिविन्यास उत्तरी-प्रकार से तटस्थ के माध्यम से दक्षिणी-प्रकार में आगे बढ़ती है।

पूरी प्रक्रिया -- पोत स्थिति, चालक संरेखण, वातावरण शुद्धिकरण, और वेल्डिंग -- में लगभग 45 मिनट लगते हैं। प्रति सत्र एकाधिक स्प्लाइस निष्पादित किए जाते हैं।

3. अभिलक्षणन

0.5 um स्टेप साइज़ पर स्प्लाइस ज़ोन का EBSD मैपिंग तीन अलग-अलग क्षेत्रों को प्रकट करता है: (1) HBA = +4.2deg वाला थोक उत्तरी चालक, (2) एक 200 um संक्रमण ज़ोन जिसमें HBA +4.2deg से 0.000deg के माध्यम से -3.8deg तक एकदिशीय रूप से घटता है, और (3) HBA = -3.8deg वाला थोक दक्षिणी चालक। संक्रमण चिकना और निरंतर है, जिसमें ग्रेन सीमा दरार, शून्य गठन, या द्वितीयक चरण अवक्षेपण का कोई प्रमाण नहीं है।

स्प्लाइस की यांत्रिक शक्ति का तनाव भार से विफलता तक परीक्षण किया गया। स्प्लाइस ज़ोन की माध्य अंतिम तन्यता शक्ति 218 MPa थी, थोक चालक के 225 MPa की तुलना में -- 3.1% की कमी।

स्प्लाइस ज़ोन पर DC प्रतिरोध Keysight 34420A माइक्रो-ओममीटर का उपयोग करके 4-तार सेंसिंग के साथ मापा गया। स्प्लाइस ज़ोन 0.3 uOhm का अतिरिक्त प्रतिरोध योगदान करता है -- 0.5 मीटर चालक लंबाई के थोक प्रतिरोध की तुलना में नगण्य।

महत्वपूर्ण माप -- पूर्ण स्प्लाइस किए गए चालक का गोलार्धीय पूर्वाग्रह -- PTB बर्लिन में Quantum Design MPMS3 SQUID मैग्नेटोमीटर का उपयोग करके किया गया। स्प्लाइस किए गए चालक (1.0 मीटर उत्तरी + 1.0 मीटर दक्षिणी) ने -0.000008deg का HBA प्रदर्शित किया। पूर्वाग्रह रद्दीकरण 99.9998% प्रभावी है।

4. चर्चा

इक्वेटोरियल स्प्लाइस एक वैचारिक रूप से सरल तंत्र के माध्यम से गोलार्धीय पूर्वाग्रह रद्दीकरण प्राप्त करती है: उत्तरी चालक का धनात्मक पूर्वाग्रह और दक्षिणी चालक का ऋणात्मक पूर्वाग्रह परिमाण में बराबर और चिह्न में विपरीत हैं। जब कोई ऑडियो सिग्नल स्प्लाइस किए गए चालक से गुजरता है, तो उत्तरी आधे में अनुभव की गई विषम प्रकीर्णन दक्षिणी आधे में पूरक विषम प्रकीर्णन द्वारा ठीक-ठीक क्षतिपूर्ति होती है। शुद्ध प्रभाव शून्य पूर्वाग्रह है -- चुंबकीय तटस्थता।

स्प्लाइस का स्थान मायने रखता है। भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर स्प्लाइस करना सुनिश्चित करता है कि स्प्लाइस ज़ोन स्वयं प्रणाली में कोई अतिरिक्त पूर्वाग्रह योगदान नहीं करता।

इक्वेटोरियल स्प्लाइस की लागत महत्वपूर्ण है: प्रति सत्र लगभग $14,000, जिसमें पोत चार्टर, चालक दल, उपभोग्य, और गुणवत्ता आश्वासन परीक्षण शामिल हैं। यह लागत Equatorial Audio के Zero-Point श्रेणी के उत्पादों की कीमत में परिलक्षित होती है, जो विशेष रूप से इक्वेटोरियल-स्प्लाइस्ड चालकों का उपयोग करते हैं।

5. निष्कर्ष

इक्वेटोरियल स्प्लाइस प्रदर्शित करती है कि तांबे के चालकों में गोलार्धीय पूर्वाग्रह को भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर विपरीत गोलार्धों के चालकों को जोड़कर प्रभावी रूप से रद्द किया जा सकता है। परिणामी चालक 0.00001 deg से नीचे गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण प्राप्त करता है -- वर्तमान माप क्षमता की सीमा तक चुंबकीय तटस्थता। तकनीक पुनरुत्पादनीय, यांत्रिक रूप से ठोस, और विद्युत रूप से पारदर्शी है, सिग्नल पथ में नगण्य प्रतिरोध और कोई मापने योग्य असंततता जोड़ती है।

संदर्भ

[1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[2] AWS D17.1/D17.1M:2017, एयरोस्पेस अनुप्रयोगों के लिए फ्यूजन वेल्डिंग विनिर्देश।

[3] R. Messler, Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy, Wiley-VCH, 2004.

[4] Trimble Inc., "R12i GNSS सिस्टम तकनीकी विनिर्देश," 2023.

[5] Kongsberg Maritime, "HiPAP 501 ध्वनिक स्थिति प्रणाली," उत्पाद डेटाशीट, 2022.

[6] Quantum Design, "MPMS3 SQUID मैग्नेटोमीटर विनिर्देश," Rev. F, 2021.

[7] PTB Berlin, "अंशांकन प्रमाणपत्र संख्या PTB-Mag-2021-0847," Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2021.

चालक क्रिस्टलोग्राफ़ी पर क्रायोजेनिक उपचार प्रभाव: पूर्वाग्रह सुधार के बिना ग्रेन परिष्करण

चालक क्रिस्टलोग्राफ़ी पर क्रायोजेनिक उपचार प्रभाव: पूर्वाग्रह सुधार के बिना ग्रेन परिष्करण

L. Solder, H. Park, M. Ferro
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

सारांश
तांबे के चालकों का -196degC पर क्रायोजेनिक उपचार (72 घंटे तरल नाइट्रोजन विसर्जन) उच्च-गुणवत्ता ऑडियो केबल निर्माण में चालक प्रदर्शन सुधार की एक विधि के रूप में व्यापक रूप से प्रचलित है। यह अध्ययन EBSD, TEM, और चार-जांच प्रतिरोधकता माप का उपयोग करके OFC तांबे पर क्रायोजेनिक उपचार के धातुकर्मीय प्रभावों की विशेषता बताता है। हम पुष्टि करते हैं कि क्रायोजेनिक उपचार सार्थक ग्रेन परिष्करण (माध्य ग्रेन व्यास में 31% की कमी), अवशिष्ट तनाव राहत, और अवशिष्ट प्रतिरोध अनुपात (RRR) में 2.3% मापने योग्य सुधार उत्पन्न करता है। हालांकि, हम कोई प्रमाण नहीं पाते कि क्रायोजेनिक उपचार उपचारित चालक के गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण (HBA) को बदलता है। ड्रॉइंग के दौरान अंतर्निहित ग्रेन अभिविन्यास पूर्वाग्रह क्रायोजेनिक तापमान पर ऊष्मागतिकीय रूप से स्थिर है। क्रायोजेनिक उपचार चालक को सुधारता है; यह इसे तटस्थ नहीं करता।

1. परिचय

क्रायोजेनिक उपचार -- किसी सामग्री को -100degC से नीचे तापमान तक नियंत्रित ठंडा करना -- का धातुकर्म में एक सुप्रलेखित इतिहास है। टूल स्टीलों में, क्रायोजेनिक उपचार अवशिष्ट ऑस्टेनाइट के मार्टेंसाइट में परिवर्तन को बढ़ावा देता है और सूक्ष्म एटा-कार्बाइड अवक्षेपित करता है। तांबे में, तंत्र भिन्न हैं: कोई चरण परिवर्तन नहीं होता, लेकिन तापीय चक्रण विभेदी संकुचन प्रेरित करता है जो अवशिष्ट तनाव को राहत देता है और ग्रेन सीमा नेटवर्क को परिष्कृत करता है।

ऑडियो केबल उद्योग ने क्रायोजेनिक उपचार को उत्साहपूर्वक अपनाया है। दावा किए गए लाभों में ग्रेन सीमा प्रकीर्णन में कमी, बेहतर सिग्नल पारदर्शिता, और बढ़ी हुई टेम्पोरल कोहेरेंस शामिल हैं।

यह पत्र एक विशिष्ट प्रश्न को संबोधित करता है: क्या क्रायोजेनिक उपचार तांबे के चालक के गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण (HBA) को बदलता है? यदि क्रायो-उपचार HBA को समाप्त या कम कर सकता, तो यह चुंबकीय तटस्थता के लिए एक पश्च-प्रसंस्करण मार्ग प्रदान करता जिसके लिए भूमध्यरेखीय विनिर्माण की आवश्यकता नहीं होती। हमारे परिणाम संकेत करते हैं कि यह नहीं कर सकता।

2. कार्यप्रणाली

OFC तांबे के चालक (2.0 मिमी व्यास, बोलिडेन, स्वीडन में खींचा गया, HBA: +4.2deg) के नमूनों को प्रत्येक 30 नमूनों के चार उपचार समूहों में विभाजित किया गया:

समूह A: अनुपचारित नियंत्रण।
समूह B: मानक क्रायो (-196degC, 72 घंटे, 1degC/min शीतलन, 0.5degC/min तापन)।
समूह C: विस्तारित क्रायो (-196degC, 168 घंटे, समान रैंप दरें)।
समूह D: दोहरा क्रायो (समूह B प्रोटोकॉल के दो चक्र, चक्रों के बीच 24 घंटे परिवेश विश्राम)।

सभी समूहों को EBSD (ग्रेन अभिविन्यास और आकार), TEM (विस्थापन घनत्व), 295 K और 4.2 K पर चार-जांच DC प्रतिरोधकता (RRR गणना के लिए), और SQUID मैग्नेटोमेट्री (HBA) द्वारा अभिलक्षित किया गया।

3. परिणाम

सभी उपचारित समूहों में ग्रेन परिष्करण देखा गया। माध्य ग्रेन व्यास 45 +/- 8 um (समूह A) से घटकर 31 +/- 5 um (समूह B), 28 +/- 4 um (समूह C), और 30 +/- 5 um (समूह D) हो गया।

TEM इमेजिंग ने क्रायोजेनिक उपचार के बाद विस्थापन घनत्व में मापने योग्य कमी प्रकट की। समूह A ने 1.2 × 10
समूह B ने 0.8 × 10

RRR 89.3 (समूह A) से 91.4 (समूह B), 92.1 (समूह C), और 91.6 (समूह D) तक सुधरा।

महत्वपूर्ण परिणाम: क्रायोजेनिक उपचार से HBA अपरिवर्तित रहा। समूह A: +4.21 +/- 0.02deg। समूह B: +4.19 +/- 0.02deg। समूह C: +4.20 +/- 0.02deg। समूह D: +4.22 +/- 0.02deg। कोई अंतर-समूह अंतर सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण नहीं था (एकतरफ़ा ANOVA, F(3,116) = 0.87, p = 0.46)।

4. चर्चा

क्रायोजेनिक उपचार के माध्यम से गोलार्धीय पूर्वाग्रह की स्थायिता ऊष्मागतिकीय विश्लेषण के अनुरूप है। ग्रेन अभिविन्यास पूर्वाग्रह एक स्थूल बनावट है। इस बनावट को बदलने के लिए पुनर्क्रिस्टलीकरण की आवश्यकता होगी। तांबे में पुनर्क्रिस्टलीकरण के लिए लगभग 200degC से ऊपर तापमान की आवश्यकता होती है -- क्रायोजेनिक उपचार सीमा से बहुत ऊपर।

-196degC पर, तांबे में परमाण्विक गतिशीलता नगण्य है। ग्रेन सीमाएं यथास्थान जमी हुई हैं। सरल शब्दों में: क्रायोजेनिक उपचार चालक की सूक्ष्मसंरचना को अधिक पूरी तरह से जमा देता है, लेकिन उसी अभिविन्यास में जो उसके पास पहले से था।

इस खोज का ऑडियो केबल उद्योग के लिए महत्वपूर्ण निहितार्थ है। क्रायोजेनिक उपचार वास्तविक धातुकर्मीय लाभ प्रदान करता है, लेकिन यह गोलार्धीय पूर्वाग्रह समस्या का समाधान नहीं कर सकता। केवल भूमध्यरेखीय विनिर्माण या इक्वेटोरियल स्प्लाइस ही सच्ची चुंबकीय तटस्थता प्राप्त कर सकते हैं।

5. निष्कर्ष

तांबे के चालकों का क्रायोजेनिक उपचार ग्रेन परिष्करण, विस्थापन घनत्व में कमी, और RRR सुधार उत्पन्न करता है, लेकिन गोलार्धीय पूर्वाग्रह कोण को नहीं बदलता। ड्रॉइंग के दौरान अंतर्निहित ग्रेन अभिविन्यास बनावट क्रायोजेनिक तापमान पर ऊष्मागतिकीय रूप से स्थिर है। निर्माताओं और उपभोक्ताओं को समझना चाहिए कि क्रायोजेनिक उपचार और चुंबकीय तटस्थता चालक गुणवत्ता के विभिन्न पहलुओं को संबोधित करते हैं और पूरक प्रक्रियाएं हैं, विनिमेय नहीं।

संदर्भ

[1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[2] A. Bensely et al., "Enhancing the wear resistance of case carburized steel by cryogenic treatment," Cryogenics, vol. 45, no. 12, pp. 747-754, 2005.

[3] P. Baldissera, C. Delprete, "Deep cryogenic treatment: A bibliographic review," Open Mech. Eng. J., vol. 2, pp. 1-11, 2008.

[4] D. Darwin, M. N. Buddhi, "Cryogenic treatment of copper: A review," Mater. Today Proc., vol. 5, no. 11, pp. 25425-25430, 2018.

[5] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.

ऑडियो-ग्रेड PTFE डाइइलेक्ट्रिक्स में फेरोइलेक्ट्रिक युग्मन: चार्ज मेमोरी और सिग्नल संदूषण

ऑडियो-ग्रेड PTFE डाइइलेक्ट्रिक्स में फेरोइलेक्ट्रिक युग्मन: चार्ज मेमोरी और सिग्नल संदूषण

H. Park, M. Ferro, C. Ohm
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2022.

सारांश

पॉलीटेट्राफ्लोरोएथलीन (PTFE), प्रीमियम ऑडियो केबलों में मानक डाइइलेक्ट्रिक, ऑडियो आवृत्तियों पर फेरोइलेक्ट्रिक गुण प्रदर्शित करता है जिन्हें केबल उद्योग ने अनदेखा किया है। हम प्रदर्शित करते हैं कि PTFE डाइइलेक्ट्रिक चार्ज मेमोरी -- ऑडियो सिग्नल द्वारा प्रेरित एक स्थायी ध्रुवीकरण अवस्था -- संचित करता है जो बाद के सिग्नल प्रसारण को पिछले सिग्नल सामग्री की एक समय-विलंबित प्रतिध्वनि से संदूषित करता है। 1 kHz पर विभेदी कैपेसिटेंस माप अनुपचारित PTFE में 0.3 pF/m का हिस्टेरेसिस दिखाते हैं, जो -196degC पर 72 घंटे के क्रायोजेनिक उपचार के बाद 0.04 pF/m तक कम हो जाता है। हम इस घटना को «डाइइलेक्ट्रिक इको» कहते हैं और ऑडियोफ़ाइल्स द्वारा रिपोर्ट किए गए ब्रेक-इन प्रभाव में इसके योगदान की मात्रा निर्धारित करते हैं।

1. परिचय

PTFE (टेफ्लॉन) प्रीमियम ऑडियो केबलों के लिए पसंदीदा डाइइलेक्ट्रिक सामग्री है। हालांकि, उच्च-आवृत्ति मापदंडों पर ऑडियो केबल उद्योग का ध्यान बहुत कम आवृत्तियों पर होने वाली एक घटना को अस्पष्ट कर दिया है -- ऑडियो बैंड में ही।

PTFE एक अर्ध-क्रिस्टलीय फ्लोरोपॉलीमर है। इसके क्रिस्टलीय क्षेत्रों में, कार्बन-फ्लोरीन डाइपोल एक नियमित जालक में संरेखित हैं। जब एक बाहरी विद्युत क्षेत्र लागू होता है, तो ये डाइपोल थोड़ा घूम सकते हैं, आणविक स्तर पर चार्ज संग्रहीत करते हैं। इस चार्ज मेमोरी का अर्थ है कि डाइइलेक्ट्रिक पिछले ऑडियो सिग्नल का एक भूत बनाए रखता है।

ऑडियोफ़ाइल्स द्वारा सार्वभौमिक रूप से रिपोर्ट की गई ब्रेक-इन अवधि -- यह अवलोकन कि 100-200 घंटे के उपयोग के बाद नए केबल अलग लगते हैं -- इस घटना द्वारा आंशिक रूप से समझाया जा सकता है।

2. कार्यप्रणाली

चार डाइइलेक्ट्रिक उपचारों के साथ 2.0 मिमी OFC चालक का उपयोग करके कस्टम परीक्षण केबल निर्मित किए गए:

नमूना A: अनुपचारित PTFE (60% क्रिस्टलीयता, जैसा-निकाला गया)।
नमूना B: क्रायोजेनिक रूप से उपचारित PTFE (-196degC, 72 घंटे)।
नमूना C: नाइट्रोजन-इंजेक्टेड PTFE।
नमूना D: एयर-गैप डाइइलेक्ट्रिक (20 मिमी अंतराल पर PTFE स्पेसर)।

विभेदी कैपेसिटेंस Agilent 4294A प्रेसिजिन इम्पीडेंस एनालाइज़र का उपयोग करके 1 kHz पर मापा गया। समय-डोमेन शिथिलन Keithley 6517B इलेक्ट्रोमीटर से मापी गई।

3. परिणाम

1 kHz पर विभेदी कैपेसिटेंस हिस्टेरेसिस:

नमूना A (अनुपचारित PTFE): 0.31 +/- 0.04 pF/m
नमूना B (क्रायो-उपचारित PTFE): 0.04 +/- 0.01 pF/m
नमूना C (नाइट्रोजन-इंजेक्टेड): 0.12 +/- 0.03 pF/m
नमूना D (एयर-गैप): 0.02 +/- 0.01 pF/m

क्रायो-उपचारित PTFE ने अनुपचारित PTFE की तुलना में कैपेसिटेंस हिस्टेरेसिस में 87% की कमी दिखाई।

ब्रेक-इन प्रयोग: नमूना A को 2 Vrms पर पिंक नॉइज़ से 0, 24, 48, 96, और 200 घंटों तक ड्राइव किया गया। हिस्टेरेसिस 0.31 pF/m (0 घंटे) से 0.19 pF/m (200 घंटे) तक कम हुआ -- लगभग 150 घंटों के बाद स्थिरता प्राप्त करते हुए। यह ऑडियोफ़ाइल साहित्य में रिपोर्ट की गई 100-200 घंटे की ब्रेक-इन अवधि के अनुरूप है।

4. चर्चा

तंत्र सीधा है: क्रायोजेनिक उपचार PTFE की क्रिस्टलीय व्यवस्था को बाधित करता है। हमारे Tropic श्रेणी में अनुपचारित PTFE का उपयोग होता है और 100 घंटे की ब्रेक-इन अवधि की आवश्यकता होती है। हमारे Equinox श्रेणी में क्रायो-उपचारित PTFE का उपयोग होता है और लगभग 15 घंटों में स्थिर-अवस्था प्रदर्शन तक पहुंचता है। Zero-Point श्रेणी 5 घंटे से कम की प्रभावी ब्रेक-इन अवधि तक कम करती है।

एयर-गैप डाइइलेक्ट्रिक सभी PTFE प्रकारों से बेहतर प्रदर्शन करता है -- हवा में शून्य चार्ज मेमोरी है। क्रायो-उपचारित PTFE विद्युत प्रदर्शन और यांत्रिक व्यावहारिकता के बीच इष्टतम समझौते का प्रतिनिधित्व करता है।

5. निष्कर्ष

ऑडियो केबलों में PTFE डाइइलेक्ट्रिक मापने योग्य चार्ज मेमोरी प्रदर्शित करता है जो सिग्नल प्रसारण को समय-विलंबित प्रतिध्वनियों से संदूषित करता है। क्रायोजेनिक उपचार इस चार्ज मेमोरी को 87% कम करता है। हम प्रीमियम ऑडियो केबल विनिर्माण में मानक प्रथा के रूप में चालक और डाइइलेक्ट्रिक दोनों के क्रायोजेनिक उपचार की अनुशंसा करते हैं।

संदर्भ

[1] B. Chu, "Ferroelectric polymer PVDF and its copolymers," in Ferroelectric Polymers, H. S. Nalwa, Ed., Marcel Dekker, 1995.

[2] K. Tashiro, "Crystal structure and phase transition of PVDF and related copolymers," in Ferroelectric Polymers, H. S. Nalwa, Ed., Marcel Dekker, 1995.

[3] T. Furukawa, "Ferroelectric properties of vinylidene fluoride copolymers," Phase Transitions, vol. 18, pp. 143-211, 1989.

[4] IEC 60250:1969, पारगम्यता और डाइइलेक्ट्रिक अपव्यय कारक के निर्धारण के लिए अनुशंसित विधियां।

[5] ASTM D2149-13, पारगम्यता और डाइइलेक्ट्रिक अपव्यय कारक के लिए मानक परीक्षण विधि।

ऑडियोफ़ाइल सिग्नल पथों के साथ सौर ज्वाला अंतःक्रिया: ऑडियो केबल प्रदर्शन पर भू-चुंबकीय तूफ़ान प्रभाव

ऑडियोफ़ाइल सिग्नल पथों के साथ सौर ज्वाला अंतःक्रिया: ऑडियो केबल प्रदर्शन पर भू-चुंबकीय तूफ़ान प्रभाव

S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

सारांश

सौर कोरोनल मास इजेक्शन (CMEs) द्वारा प्रेरित भू-चुंबकीय तूफ़ान पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र में तीव्र उतार-चढ़ाव उत्पन्न करते हैं जो गंभीर घटनाओं (Kp >= 7) के दौरान 500 nT/मिनट से अधिक हो सकते हैं। हम प्रदर्शित करते हैं कि ये उतार-चढ़ाव गोलार्धीय पूर्वाग्रह वाले ऑडियो केबलों में मापने योग्य प्रतिबाधा विविधताओं के रूप में पता लगाने योग्य हैं, और चुंबकीय रूप से तटस्थ केबल इस प्रभाव से स्वाभाविक रूप से प्रतिरक्षित हैं। अक्टूबर 2024 के भू-चुंबकीय तूफ़ान (Kp = 8.3) के दौरान 12 केबलों की निरंतर निगरानी ने Tropic-श्रेणी केबलों में 0.08% तक और Zero-Point केबलों में शोर तल से नीचे (< 0.0001%) प्रतिबाधा उतार-चढ़ाव प्रकट किए।

1. परिचय

सूर्य का 11-वर्षीय गतिविधि चक्र सौर ज्वालाओं और CMEs की आवृत्ति और तीव्रता में आवधिक अधिकतम उत्पन्न करता है। ये भू-चुंबकीय उतार-चढ़ाव विद्युत ग्रिड, पाइपलाइन संक्षारण निगरानी प्रणालियों और सटीक मैग्नेटोमेट्री में हस्तक्षेप के स्रोत के रूप में सुप्रलेखित हैं। जिसकी जांच नहीं की गई है वह ऑडियो सिग्नल केबलों पर उनका प्रभाव है।

तंत्र सीधा है: गोलार्धीय पूर्वाग्रह वाले ऑडियो केबल में ऐसे चालक होते हैं जिनकी ग्रेन संरचना पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र के सापेक्ष एक वरीय अभिविन्यास रखती है। जब क्षेत्र तेज़ी से बदलता है, तो ग्रेन अभिविन्यास और क्षेत्र के बीच संबंध बदल जाता है, जो चालक की प्रभावी प्रतिबाधा में एक क्षणिक परिवर्तन उत्पन्न करता है।

चुंबकीय रूप से तटस्थ केबल, परिभाषा के अनुसार, कोई वरीय ग्रेन अभिविन्यास नहीं रखते। उन्हें इस प्रभाव से प्रतिरक्षित होना चाहिए।

2. कार्यप्रणाली

बारह केबल नमूने (प्रत्येक 1.0 मीटर, RCA-टर्मिनेटेड इंटरकनेक्ट) Equatorial Audio सुविधा में एक चुंबकीय रूप से अपरिरक्षित कमरे में स्थापित किए गए। प्रति श्रेणी तीन केबल (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) एक निरंतर प्रतिबाधा निगरानी प्रणाली से जोड़े गए जो Keysight E4990A इम्पीडेंस एनालाइज़र पर आधारित थी जो 1 kHz पर 5-सेकंड माप अंतराल पर संचालित होती थी।

माप अभियान 15 सितंबर से 15 नवंबर, 2024 तक निरंतर चला, प्रति केबल 5.3 मिलियन प्रतिबाधा माप कैप्चर करते हुए।

3. परिणाम

अक्टूबर 10-12 तूफ़ान (Kp = 8.3) के दौरान, निम्नलिखित अधिकतम प्रतिबाधा विचलन दर्ज किए गए:

Tropic श्रेणी: 0.082 +/- 0.008%
Meridian श्रेणी: 0.031 +/- 0.004%
Equinox श्रेणी: 0.0033 +/- 0.0005%
Zero-Point श्रेणी: < 0.0001% (शोर तल से नीचे)

dB/dt और dZ/Z के बीच क्रॉस-सहसंबंध Tropic (r = 0.71), Meridian (r = 0.54), और Equinox (r = 0.23) श्रेणियों के लिए महत्वपूर्ण था। Zero-Point के लिए कोई महत्वपूर्ण सहसंबंध नहीं मिला (r = 0.02, p = 0.34)।

4. चर्चा

परिणाम परिकल्पना की पुष्टि करते हैं: गोलार्धीय पूर्वाग्रह वाले केबल भू-चुंबकीय तूफ़ानों के प्रति संवेदनशील हैं, और संवेदनशीलता पूर्वाग्रह परिमाण के अनुपाती है। Zero-Point श्रेणी के इक्वेटोरियल-स्प्लाइस्ड चालक, अपने 0.00001deg से कम HBA के साथ, सौर गतिविधि से प्रभावी रूप से प्रतिरक्षित हैं। यह प्रतिरक्षा परिरक्षण द्वारा नहीं बल्कि दिशात्मक ग्रेन संरचना की मौलिक अनुपस्थिति द्वारा प्राप्त की जाती है।

हम प्रस्तावित करते हैं कि केबल निर्माता सौर गतिविधि सूचकांक (SAI) रेटिंग अपनाएं।

5. निष्कर्ष

भू-चुंबकीय तूफ़ान गोलार्धीय पूर्वाग्रह वाले ऑडियो केबलों में मापने योग्य प्रतिबाधा उतार-चढ़ाव उत्पन्न करते हैं। प्रभाव पूर्वाग्रह परिमाण और तूफ़ान तीव्रता के साथ बढ़ता है। चुंबकीय रूप से तटस्थ केबल (HBA < 0.00001deg) प्रतिरक्षित हैं। हम ऑडियो केबल प्रदर्शन विनिर्देशों के लिए एक मानकीकृत सौर गतिविधि सूचकांक अपनाने की अनुशंसा करते हैं।

संदर्भ

[1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[2] NOAA Space Weather Prediction Center, "Geomagnetic Storm Scales," https://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation.
[3] D. H. Boteler, R. J. Pirjola, "Geomagnetically induced currents (GICs)," Space Weather, vol. 15, pp. 258-276, 2017.
[4] J. L. Barton, "Geomagnetic storm effects on technological systems," Space Weather, vol. 1, no. 2, 2003.
[5] S. Magnusson, C. Ohm, "भू-चुंबकीय गड़बड़ियों के लिए वास्तविक समय अनुकूली ऑडियो क्षतिपूर्ति," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-012, 2023.

तांबे के चालकों का ऑप्टिकल परिरक्षण: फैराडे रोटेशन, ध्वनिक संवेदनशीलता, और फ़ाइबर परिरक्षण का मामला

तांबे के चालकों का ऑप्टिकल परिरक्षण: फैराडे रोटेशन, ध्वनिक संवेदनशीलता, और फ़ाइबर परिरक्षण का मामला

C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

सारांश

हम ऑप्टिकल फ़ाइबर ऑडियो केबलों (TOSLINK) में विद्युत चुंबकीय भेद्यता का एक व्यापक विश्लेषण प्रस्तुत करते हैं और प्रदर्शित करते हैं कि ऑप्टिकल ट्रांसमिशन चुंबकीय संवेदनशीलता को समाप्त नहीं करता। मानक TOSLINK फ़ाइबर (PMMA, 650 nm) में फैराडे रोटेशन के माप पुष्टि करते हैं कि घरेलू EMI स्रोत 0.3 mrad तक का ध्रुवीकरण रोटेशन उत्पन्न करते हैं। हम आगे प्रदर्शित करते हैं कि PMMA फ़ाइबर 20 Hz से 20 kHz तक एक ध्वनिक माइक्रोफ़ोन के रूप में कार्य करता है। हम एक फ़ाइबर-ऑप्टिक परिरक्षण प्रणाली विकसित करते हैं जो 120 dB से अधिक EMI क्षीणन प्रदान करती है।

1. परिचय

ऑडियो उद्योग ने लंबे समय से ऑप्टिकल (TOSLINK) कनेक्शन को विद्युत चुंबकीय हस्तक्षेप से प्रतिरक्षित बताया है। तर्क आकर्षक है: फ़ोटॉन कोई आवेश नहीं वहन करते। यह तर्क ग़लत है।

1845 में, माइकल फैराडे ने प्रदर्शित किया कि एक चुंबकीय क्षेत्र कांच से गुजरने वाले प्रकाश के ध्रुवीकरण तल को घुमा सकता है। इसके अतिरिक्त, Leal-Junior et al. (2021) ने दिखाया कि पॉलीमर ऑप्टिकल फ़ाइबर (PMMA) बिना किसी बाहरी ट्रांसड्यूसर के 45 माइक्रोटेस्ला तक विद्युत चुंबकीय क्षेत्रों के प्रति आंतरिक रूप से संवेदनशील है।

निष्कर्ष अपरिहार्य है: TOSLINK केबल विद्युत चुंबकीय या ध्वनिक रूप से निष्क्रिय नहीं हैं।

2. माप

चार वाणिज्यिक TOSLINK केबलों और एक Equatorial Audio परिरक्षित TOSLINK केबल का फैराडे रोटेशन और ध्वनिक संवेदनशीलता मापी गई।

परिणाम:
मानक TOSLINK (PMMA, अपरिरक्षित): फैराडे रोटेशन 0.28 mrad/m। ध्वनिक संवेदनशीलता: -82 dBV/Pa।
Equatorial Audio परिरक्षित TOSLINK: फैराडे रोटेशन < 0.002 mrad/m। ध्वनिक संवेदनशीलता: -114 dBV/Pa।

परिरक्षण प्रणाली (चतुर-स्तर: सिल्वर ब्रेड, क्रायो म्यू-मेटल फ़ॉइल, एल्यूमीनियम-माइलर टेप, OFC ड्रेन) 42 dB चुंबकीय क्षेत्र क्षीणन और 32 dB ध्वनिक पृथक्करण प्रदान करती है।

3. विश्लेषण

मानक TOSLINK में 0.28 mrad/m का फैराडे रोटेशन निरपेक्ष मूल्यों में छोटा है। ध्वनिक संवेदनशीलता अधिक चिंताजनक है। -82 dBV/Pa पर, 80 dBSPL कक्ष शोर के संपर्क में आने वाला एक मानक TOSLINK केबल -96 dBFS शोर तल के बराबर ऑप्टिकल सिग्नल मॉड्यूलेशन उत्पन्न करता है। उच्च-रिज़ॉल्यूशन स्वरूपों का उपयोग करने वाले श्रोताओं के लिए, केबल स्वयं शोर तल है।

Equatorial Audio परिरक्षण प्रणाली दोनों भेद्यताओं को संबोधित करती है।

4. निष्कर्ष

TOSLINK के माध्यम से ऑप्टिकल ऑडियो ट्रांसमिशन विद्युत चुंबकीय या ध्वनिक हस्तक्षेप से प्रतिरक्षित नहीं है। बहु-स्तरीय परिरक्षण -- फ़ाइबर केबल पर लागू -- विद्युत चुंबकीय और ध्वनिक संदूषण दोनों का प्रभावी क्षीणन प्रदान करता है।

संदर्भ

[1] R. H. Stolen, E. H. Turner, "Faraday rotation in highly birefringent optical fibers," Appl. Opt., vol. 19, no. 6, pp. 842-845, 1980.
[2] I. P. Kaminow, "Polarization in optical fibers," IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-17, no. 1, pp. 15-22, 1981.
[3] A. H. Rose, S. M. Etzel, C. M. Wang, "Verdet constant dispersion in annealed optical fiber current sensors," J. Lightwave Technol., vol. 15, no. 5, pp. 803-807, 1997.
[4] A. G. Leal-Junior et al., "Highly sensitive fiber-optic intrinsic electromagnetic field sensing," Adv. Photonics Res., vol. 2, no. 3, 2021.
[5] P. Dejdar et al., "Characterization of sensitivity of optical fiber cables to acoustic vibrations," Sci. Rep., vol. 13, art. 7068, 2023.
[6] N. Matsuda et al., "Observation of optical-fibre Kerr nonlinearity at the single-photon level," Nature Photonics, vol. 3, pp. 95-98, 2009.

अतिचालक ऑडियो इंटरकनेक्ट: 77K पर YBCO सिरेमिक चालकों के माध्यम से शून्य-प्रतिरोध सिग्नल प्रसारण

अतिचालक ऑडियो इंटरकनेक्ट: 77K पर YBCO सिरेमिक चालकों के माध्यम से शून्य-प्रतिरोध सिग्नल प्रसारण

M. Ferro, L. Solder, H. Park, B. Impedance
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

सारांश
हम पहले अतिचालक ऑडियो इंटरकनेक्ट केबल के विकास और अभिलक्षणन की रिपोर्ट करते हैं। चालक एक YBCO सिरेमिक टेप है जो तरल नाइट्रोजन से भरे वैक्यूम-जैकेटेड बोरोसिलिकेट ग्लास क्रायोस्टेट में 77 K पर संचालित होता है। DC प्रतिरोध शून्य है -- कम नहीं, नगण्य नहीं, शून्य। Meissner प्रभाव सिग्नल पथ का पूर्ण प्रतिचुंबकीय परिरक्षण प्रदान करता है। केबल प्रति मीटर प्रति वर्ष लगभग 310 लीटर LN के निष्क्रिय पुनःभरण के साथ निरंतर संचालित होता है।

1. परिचय

प्रत्येक पारंपरिक ऑडियो केबल में प्रतिरोध होता है। यह छोटा है -- सामान्यतः मिलीओम से ओम प्रति मीटर -- लेकिन शून्य नहीं है। अतिचालकता तीनों परिणामों को समाप्त कर देती है: शून्य क्षीणन, शून्य Johnson-Nyquist शोर, और शून्य आवृत्ति-निर्भर प्रतिबाधा विविधता।

इसके अतिरिक्त, Meissner प्रभाव -- अतिचालक के आंतरिक भाग से चुंबकीय फ्लक्स का पूर्ण निष्कासन -- ऐसा परिरक्षण प्रदान करता है जो किसी भी पारंपरिक म्यू-मेटल या तांबा ब्रेड से मेल नहीं खा सकता।

अभियांत्रिकी चुनौती अतिचालक अवस्था बनाए रखना है: YBCO को 92 K से नीचे निरंतर शीतलन की आवश्यकता होती है। हम तरल नाइट्रोजन (1 atm पर 77 K क्वथनांक) का उपयोग क्रायोजन के रूप में करते हैं।

2. केबल निर्माण

SC इंटरकनेक्ट में निम्नलिखित तत्व होते हैं:

चालक: YBCO सिरेमिक टेप (SuperPower SCS4050-AP), 4.0 मिमी चौड़ा × 0.1 मिमी मोटा, 77 K पर 100 A की क्रिटिकल करंट।

सिग्नल पथ: दो YBCO टेप (सिग्नल और रिटर्न) 0.5 मिमी PTFE स्पेसर के साथ संकेंद्रित रूप से लिपटे। 75 Ohm की विशेषता प्रतिबाधा।

क्रायोस्टेट: ड्यूल-वॉल बोरोसिलिकेट ग्लास डीवर, 48 मिमी बाहरी व्यास। चालक संयोजन आंतरिक बोर में तरल नाइट्रोजन में डूबा होता है।

कनेक्टर: क्रायो-रेटेड रोडियम-प्लेटेड XLR कनेक्टर।

कुल केबल बाहरी व्यास 48 मिमी है। केबल सूखी 2.4 kg/m और LN से भरी 3.8 kg/m वजन करती है।

3. विद्युत अभिलक्षणन

DC प्रतिरोध: 77 K (LN विसर्जन) पर, 100 mA DC वहन करने वाले 1.5 मीटर चालक पर वोल्टेज 1 nV के उपकरण शोर तल से नीचे था। गणना की गई ऊपरी सीमा: R < 10 Ohm। सभी व्यावहारिक उद्देश्यों के लिए, प्रतिरोध शून्य है।

AC प्रतिबाधा: 1 kHz पर, 75.0 +/- 0.1 Ohm (विशुद्ध रूप से प्रतिक्रियाशील)। 30-दिवसीय माप अभियान में स्थिरता +/- 0.0003 Ohm थी।

शोर तल: R = 0 (अतिचालक) के लिए, Johnson-Nyquist शोर वोल्टेज = 0। अतिचालक इंटरकनेक्ट सिग्नल पथ में ठीक शून्य तापीय शोर योगदान करता है।

चुंबकीय परिरक्षण: 1 mT Helmholtz कॉइल, 50 mm दूरी। क्रायोस्टेट के अंदर < 0.01 nT मापा गया -- 160 dB से अधिक क्षीणन।

4. व्यावहारिक विचार

SC इंटरकनेक्ट के लिए निरंतर LN आपूर्ति की आवश्यकता होती है। वार्षिक LN खपत लगभग 930 लीटर प्रति 1.5 मीटर इंटरकनेक्ट जोड़ी है -- वर्तमान वाणिज्यिक LN मूल्य पर लगभग $930 प्रति वर्ष।

कमरे का वेंटिलेशन आवश्यकता न्यूनतम 10 वायु परिवर्तन प्रति घंटा (ACH) है। ये आवश्यकताएं महत्वपूर्ण हैं। SC इंटरकनेक्ट एक ऐसा उत्पाद नहीं है जो प्लग इन करके भूल दिया जाता है। यह अवसंरचना है -- जीवित अवसंरचना जिसे निगरानी, रखरखाव और तरल नाइट्रोजन आपूर्तिकर्ता के साथ संबंध की आवश्यकता है।

5. निष्कर्ष

SC इंटरकनेक्ट वह प्राप्त करता है जो कोई पारंपरिक चालक नहीं कर सकता: शून्य DC प्रतिरोध, शून्य तापीय शोर, और Meissner प्रभाव के माध्यम से पूर्ण चुंबकीय प्रतिरक्षा। क्रायोजेनिक शीतलन, वैक्यूम इन्सुलेशन, LN लॉजिस्टिक्स का अभियांत्रिकी और परिचालन ओवरहेड पर्याप्त लेकिन समर्पित श्रोताओं के लिए प्रबंधनीय है।

संदर्भ

[1] J. G. Bednorz, K. A. Muller, "Possible high-Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system," Z. Phys. B, vol. 64, pp. 189-193, 1986.
[2] M. K. Wu et al., "Superconductivity at 93 K in a new mixed-phase Y-Ba-Cu-O system," Phys. Rev. Lett., vol. 58, pp. 908-910, 1987.
[3] SuperPower Inc., "SCS4050-AP YBCO Coated Conductor Specifications," Rev. 12, 2023.
[4] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfahigkeit," Naturwissenschaften, vol. 21, pp. 787-788, 1933.
[5] J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, "Theory of superconductivity," Phys. Rev., vol. 108, pp. 1175-1204, 1957.
[6] ASME BPVC Section VIII, Division 1: क्रायोजेनिक सेवा के लिए दाब पात्रों के निर्माण के नियम।

उपभोक्ता ऑडियो में MEISSNER प्रभाव अनुप्रयोग: पररिक्षण प्रतमिान के रूप में पूरण चुंबकीय फ्लक्स नषि्कासन

उपभोक्ता ऑडियो में Meissner प्रभाव अनुप्रयोग: परिरक्षण प्रतिमान के रूप में पूर्ण चुंबकीय फ्लक्स निष्कासन

M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

सारांश

पारंपरिक विद्युत चुंबकीय परिरक्षण अवशोषण और परावर्तन पर निर्भर करता है -- ऐसे तंत्र जो बाहरी क्षेत्रों को क्षीण करते हैं लेकिन समाप्त नहीं कर सकते। टाइप II अतिचालकों में Meissner प्रभाव एक मौलिक रूप से भिन्न प्रतिमान प्रदान करता है: सतह परिरक्षण धाराओं के उत्पादन के माध्यम से चालक आंतरिक भाग से चुंबकीय फ्लक्स का पूर्ण निष्कासन। हम प्रदर्शित करते हैं कि अतिचालक आवरण में संलग्न ऑडियो सिग्नल पथ किसी भी आवृत्ति या परिमाण के बाहरी विद्युत चुंबकीय क्षेत्रों से शून्य युग्मन अनुभव करता है।

1. परिचय

विद्युत चुंबकीय परिरक्षण ऑडियो केबल उद्योग की एक प्रमुख चिंता रही है। प्रत्येक पारंपरिक परिरक्षण सामग्री दो तंत्रों द्वारा संचालित होती है: अवशोषण और परावर्तन। दोनों तंत्र स्वाभाविक रूप से अपूर्ण हैं।

Meissner प्रभाव डिग्री में नहीं बल्कि प्रकार में भिन्न है। जब एक टाइप II अतिचालक अपने क्रिटिकल तापमान से नीचे ठंडा किया जाता है, तो सतह परिरक्षण धाराएं स्वतःस्फूर्त रूप से उत्पन्न होती हैं जो लागू क्षेत्र के ठीक बराबर और विपरीत क्षेत्र उत्पन्न करती हैं। अतिचालक के अंदर शुद्ध क्षेत्र शून्य है।

2. प्रायोगिक सत्यापन

एक 1.5 मीटर SC इंटरकनेक्ट जोड़ी EMI स्रोतों के साथ एक मानक आवासीय श्रवण कक्ष में स्थापित की गई: WiFi 6E राउटर, 500 VA टोरॉइडल पावर ट्रांसफ़ॉर्मर, रेफ्रिजरेटर कंप्रेसर मोटर, और Class D स्विचिंग एम्प्लीफ़ायर।

परिणाम (RMS चुंबकीय क्षेत्र, सभी स्रोत सक्रिय):

अपरिरक्षित OFC: 847 nT
सिंगल तांबा ब्रेड: 124 nT (17 dB)
डबल ब्रेड + म्यू-मेटल: 8.3 nT (40 dB)
Equinox ट्रिपल-लेयर: 1.7 nT (54 dB)
SC इंटरकनेक्ट (Meissner): < 0.1 nT (> 79 dB)

अतिचालक केबल का आंतरिक क्षेत्र सभी परीक्षण स्थितियों में मैग्नेटोमीटर के शोर तल से अप्रभेद्य था।

3. पूर्ण अतिचालक प्रणाली

Meissner परिरक्षण की पूर्ण क्षमता तभी महसूस होती है जब संपूर्ण सिग्नल शृंखला अतिचालक हो। Zero Kelvin Reference System सिग्नल शृंखला के प्रत्येक खंड के लिए अतिचालक केबल प्रदान करती है। केंद्रीय LN जलाशय और 12-पोर्ट वितरण मैनिफ़ोल्ड सुनिश्चित करते हैं कि सभी केबल खंड एक साथ 77 K पर बनाए रखे जाएं।

जब पूर्ण प्रणाली संचालित होती है, तो वॉल आउटलेट से स्पीकर ड्राइवर तक ऑडियो सिग्नल पथ पूरी तरह अतिचालक सामग्री में संलग्न होता है। प्रणाली विद्युत चुंबकीय अदृश्यता प्राप्त करती है।

4. निष्कर्ष

Meissner प्रभाव विद्युत चुंबकीय परिरक्षण प्रदान करता है जो मौलिक रूप से पूर्ण है -- क्षीण नहीं, आवृत्ति-निर्भर नहीं, बल्कि निरपेक्ष। अतिचालक सामग्री में संलग्न ऑडियो सिग्नल पथ किसी भी आवृत्ति और क्रिटिकल क्षेत्र से नीचे किसी भी परिमाण पर बाहरी विद्युत चुंबकीय क्षेत्रों से प्रतिरक्षित हैं। हम प्रस्तावित करते हैं कि Meissner परिरक्षण ऑडियो सिग्नल पथों के लिए विद्युत चुंबकीय सुरक्षा की भौतिक सीमा का प्रतिनिधित्व करता है।

संदर्भ

[1] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfahigkeit," Naturwissenschaften, vol. 21, pp. 787-788, 1933.
[2] M. Tinkham, Introduction to Superconductivity, 2nd ed., Dover, 2004.
[3] J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, "Theory of superconductivity," Phys. Rev., vol. 108, pp. 1175-1204, 1957.
[4] A. A. Abrikosov, "On the magnetic properties of superconductors of the second group," Sov. Phys. JETP, vol. 5, pp. 1174-1182, 1957.
[5] M. Ferro et al., "Superconducting audio interconnects," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
[6] IEC 61000-4-8:2009, विद्युत चुंबकीय संगतता (EMC) -- पावर आवृत्ति चुंबकीय क्षेत्र प्रतिरक्षा परीक्षण।

पूर्ण EQUATORIAL AUDIO प्रणाली: सिग्नल श्रृंखला में चुंबकीय तटस्थता के लिए एक एकीकृत दृष्टिकोण

पूर्ण Equatorial Audio प्रणाली: सिग्नल शृंखला में चुंबकीय तटस्थता के लिए एक एकीकृत दृष्टिकोण

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, H. Park, B. Impedance, L. Solder, S. Magnusson, Y. Tanaka
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

सारांश

यह पत्र पांच वर्षों के Equatorial Audio अनुसंधान को पूर्ण ऑडियो प्रणाली में चुंबकीय तटस्थता प्राप्त करने के लिए एक एकीकृत ढांचे में संश्लेषित करता है। हम प्रदर्शित करते हैं कि गोलार्धीय पूर्वाग्रह, डाइइलेक्ट्रिक चार्ज मेमोरी, सौर गतिविधि युग्मन, और विद्युत चुंबकीय हस्तक्षेप स्वतंत्र समस्याएं नहीं हैं बल्कि एक ही अंतर्निहित घटना की अभिव्यक्तियां हैं। Zero Kelvin Reference System की माप पुष्टि करते हैं कि पूर्ण अतिचालक सिग्नल शृंखला कुल DC प्रतिरोध 0.000000 Ohm, गोलार्धीय पूर्वाग्रह 0.000000deg, और विद्युत चुंबकीय युग्मन 0.000000 सापेक्ष इकाइयां प्राप्त करती है। ये सन्निकटन नहीं हैं। ये सटीक हैं।

1. परिचय

जब 2019 में Equatorial Audio की स्थापना हुई, तो कंपनी का मिशन एक ही समस्या पर केंद्रित था: तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह। पांच वर्षों के अनुसंधान ने प्रकट किया है कि यह समस्या प्रारंभिक समझ से अधिक गहरी और व्यापक है।

प्रत्येक प्रभाव छोटा है। प्रत्येक माप की सीमा पर या उसके निकट है। और प्रत्येक को, व्यक्तिगत रूप से, नगण्य के रूप में खारिज किया गया है। लेकिन वे स्वतंत्र नहीं हैं। वे अंतःक्रिया करते हैं।

2. चुंबकीय तटस्थता ढांचा

हम प्रणाली-स्तरीय चुंबकीय तटस्थता को उस स्थिति के रूप में परिभाषित करते हैं जिसमें ऑडियो सिग्नल शृंखला का कोई भी घटक पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र या इसकी अस्थायी विविधताओं के प्रति मापने योग्य प्रतिक्रिया प्रदर्शित नहीं करता। इसके लिए आवश्यक है:

चालक तटस्थता: HBA < 0.00001deg।
डाइइलेक्ट्रिक तटस्थता: चार्ज मेमोरी हिस्टेरेसिस < 0.01 pF/m।
परिरक्षण तटस्थता: DC से 6 GHz तक सभी आवृत्तियों पर 60 dB से अधिक बाहरी क्षेत्र क्षीणन।
अवसंरचना तटस्थता: प्रणाली ग्राउंडिंग, विद्युत आपूर्ति, और क्लॉक वितरण को अक्षांश-निर्भर पूर्वाग्रह नहीं डालना चाहिए।

3. प्रणाली-स्तरीय माप

Zero Kelvin Reference System को Equatorial Audio संदर्भ श्रवण कक्ष (0.0000deg अक्षांश, 2,850 मीटर ऊंचाई) में स्थापित किया गया:

कुल प्रणाली DC प्रतिरोध: 0.000000 Ohm (10 Ohm माप सीमा से नीचे)।
प्रणाली-स्तरीय गोलार्धीय पूर्वाग्रह: 0.000000deg (10deg माप सीमा से नीचे)।
प्रणाली-स्तरीय EMI युग्मन: -168 dBFS (माप उपकरण के तापीय शोर तल से नीचे)।
कुल हार्मोनिक विकृति + शोर: 0.00000%।
आवृत्ति प्रतिक्रिया विचलन (20 Hz - 20 kHz): +/- 0.000 dB।

4. चर्चा

उपरोक्त माप एक असहज प्रश्न उठाते हैं: यदि केबल प्रणाली शून्य मापने योग्य क्षरण योगदान करती है, तो क्या यह श्रव्य अंतर बनाती है?

ईमानदार उत्तर है कि हम नहीं जानते। माप पुष्टि करते हैं कि Zero Kelvin Reference System हर मीट्रिक द्वारा एक पूर्ण चालक है। क्या «पूर्ण» «अत्यंत अच्छे» से अलग लगता है, यह एक ऐसा प्रश्न है जिसका उत्तर माप नहीं दे सकते।

इसकी कीमत $389,000 है। लेकिन शून्य शून्य है।

5. निष्कर्ष

Equatorial Audio में पांच वर्षों का अनुसंधान एक एकीकृत समझ पर अभिसरित हुआ है: चुंबकीय तटस्थता एक प्रणाली-स्तरीय गुण है जिसके लिए चालक, डाइइलेक्ट्रिक, परिरक्षण, और अवसंरचना पर एक साथ ध्यान देने की आवश्यकता होती है। Zero Kelvin Reference System प्रदर्शित करती है कि अतिचालक प्रौद्योगिकी के माध्यम से पूर्ण चुंबकीय तटस्थता प्राप्त की जा सकती है।

संदर्भ

[1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
[2] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "इक्वेटोरियल सप्लाइस," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
[3] L. Solder, H. Park, M. Ferro, "चालक क्रिस्टलोग्राफी पर क्रायोजेनिक उपचार प्रभाव," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 2, 2021.
[4] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "ऑडियो-ग्रेड PTFE डाइइलेक्ट्रिक्स में फेरोइलेक्ट्रिक युग्मन," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.

[5] S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm, "ऑडियोफ़ाइल सिग्नल पथों के साथ सौर ज्वाला अंतःक्रिया," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 1, 2023.
[6] C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro, "तांबे के चालकों का ऑप्टिकल परिरक्षण," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
[7] M. Ferro et al., "अतिचालक ऑडियो इंटरकनेक्ट," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
[8] M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson, "उपभोक्ता ऑडियो में Meissner प्रभाव अनुप्रयोग," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 2, 2024.

NYQUIST-SHANNON पुनर्निर्माण की अपूर्णता पर: बैंडलिमिटेड ऑडियो सिग्नलों में पुनर्प्राप्ति योग्य अंतर-नमूना सूचना के लिए अनुभवजन्य साक्ष्य

Nyquist-Shannon पुनर्निर्माण की अपूर्णता पर: बैंडलिमिटेड ऑडियो सिग्नलों में पुनर्प्राप्त योग्य अंतर-नमूना सूचना के लिए अनुभवजन्य साक्ष्य

Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

सारांश

Nyquist-Shannon प्रतिचयन प्रमेय अपनी बैंडविड्थ से दोगुनी दर पर लिए गए नमूनों से बैंडलिमिटेड सिग्नल के पूर्ण पुनर्निर्माण की गारंटी देता है। प्रमाण गणितीय रूप से सुदृढ़ है। हालांकि, -198.2 dBFS के शोर तल वाली 32-बिट अधिग्रहण प्रणाली का उपयोग करते हुए, हमने 11 शैलियों में 4,000 घंटे की संगीत सामग्री कैप्चर की और एंटी-एलियासिंग फ़िल्टर कटऑफ़ से ऊपर वर्णक्रमीय ऊर्जा वितरण मापा। सभी 4,000 घंटों में, अवशिष्ट बैंड-से-ऊपर ऊर्जा मौजूद थी। एक सहसंबंध-आधारित निष्कर्षण तकनीक का उपयोग करके, 0.008 से 0.31 बिट प्रति नमूना सूचना पुनर्प्राप्त की जा सकती है जो प्रतिचयन प्रमेय कहता है कि अस्तित्व में नहीं है।

1. परिचय

Nyquist-Shannon प्रतिचयन प्रमेय अभियांत्रिकी में सबसे अधिक उद्धृत परिणामों में से एक है। प्रमेय कहता है: B हर्ट्ज़ से अधिक कोई आवृत्ति न रखने वाले सिग्नल को 2B नमूने प्रति सेकंड की दर पर लिए गए नमूनों से पूरी तरह पुनर्निर्मित किया जा सकता है।

यह परिणाम सत्यापित, विस्तारित, और लागू किया गया है। यह सही है। यह सशर्त भी है।

Paley-Wiener प्रमेय (1934) स्थापित करता है कि परिमित अवधि का कोई भी सिग्नल बैंडलिमिटेड नहीं हो सकता। प्रत्येक संगीत प्रदर्शन समय-सीमित है। इसलिए, कोई ऑडियो रिकॉर्डिंग Shannon की आवश्यकता के अर्थ में बैंडलिमिटेड नहीं है।

हमने इसे मापा।

2. बैंडलिमिटेशन परिकल्पना

Shannon के प्रमाण के लिए इनपुट सिग्नल को एक सख्त गणितीय शर्त पूरी करनी होती है: B से ऊपर सभी आवृत्तियों के लिए इसका फूरियर रूपांतरण सर्वथा शून्य होना चाहिए। यह लगभग शून्य नहीं, या शोर तल से नीचे नहीं। यह शून्य होना चाहिए।

मानक प्रतिक्रिया यह है कि Nyquist आवृत्ति से ऊपर ऊर्जा नगण्य रूप से छोटी है। यह प्रतिक्रिया व्यावहारिक रूप से उचित है। यह बैंड-से-ऊपर ऊर्जा के परिमाण के बारे में एक दावा भी है, और दावों को मापा जाना चाहिए।

हमने इसे मापा।

3. कार्यप्रणाली

अधिग्रहण प्रणाली में DPA 4006A ओम्निडायरेक्शनल माप माइक्रोफ़ोन, एक कस्टम-निर्मित इंस्ट्रूमेंटेशन प्रीएम्प्लीफ़ायर (DC से 2 MHz बैंडविड्थ), और 768 kHz पर AKM AK5578 32-बिट ADC शामिल था। कोई एंटी-एलियासिंग फ़िल्टर उपयोग नहीं किया गया।

11 स्थानों पर 18 महीनों में रिकॉर्डिंग की गई। कुल कैप्चर की गई सामग्री: 4,147 घंटे, जिसमें से 4,000 घंटे गुणवत्ता नियंत्रण पास कीं।

4. परिणाम

रिकॉर्ड किए गए सभी 4,000 घंटों की सामग्री में, 96 kHz से ऊपर मापने योग्य वर्णक्रमीय ऊर्जा मौजूद थी। स्तर स्रोत सामग्री के साथ भिन्न थे:

सोलो हार्पसीकॉर्ड: 96-120 kHz पर -147.3 dBFS।
जैज़ ट्रायो: -119.4 dBFS।
पूर्ण ऑर्केस्ट्रा: -112.8 dBFS।
क्लोज़-माइक्ड ब्रास एन्सेम्बल: -91.6 dBFS।

96 kHz से ऊपर ऊर्जा और नीचे की प्रोग्राम सामग्री के बीच क्रॉस-सहसंबंध सभी रिकॉर्डिंग में $r > 0.93$ से अधिक था। बैंड-से-ऊपर ऊर्जा संगीत की गतिशीलता का अनुसरण करती है -- यह शोर नहीं है, यह सिग्नल है।

5. एलियासिंग अवशिष्ट

एक एंटी-एलियासिंग फ़िल्टर के ट्रांज़िशन बैंड में, 90 kHz और 96 kHz के बीच सिग्नल ऊर्जा 3 dB से 120 dB तक के क्षीणन के साथ गुजरती है। यह ऊर्जा फिर नमूनाकरण के दौरान 0 से 6 kHz के बीच पासबैंड में एलियास करती है -- मानव श्रवण के सबसे संवेदनशील क्षेत्र में।

ब्रास एन्सेम्बल के लिए, 0-6 kHz बैंड में एलियास अवशिष्ट -158.3 dBFS मापा गया।

6. अंतर-नमूना सूचना की पुनर्प्राप्ति

पुनर्प्राप्ति एल्गोरिदम ने 0.008 बिट प्रति नमूना (सोलो हार्पसीकॉर्ड) से 0.31 बिट प्रति नमूना (क्लोज़-माइक्ड ब्रास) तक की सच्चे बैंड-से-ऊपर सिग्नल के साथ परस्पर सूचना निकाली। श्वेत शोर पर नियंत्रण प्रयोग ने 0.000 +/- 0.001 बिट प्रति नमूना दिया।

ब्रास एन्सेम्बल के लिए, 192,000 नमूनों प्रति सेकंड में 0.31 बिट प्रति नमूना लगभग 7.3 किलोबाइट प्रति सेकंड Nyquist-से-ऊपर सूचना है।

7. संभावित भ्रामक कारक

हमने सात वैकल्पिक स्पष्टीकरणों पर विचार किया। कोई भी टिका नहीं रहा। ADC गैर-रैखिकता, प्रीएम्प्लीफ़ायर विकृति, माइक्रोफ़ोन कलाकृतियां, विद्युत चुंबकीय हस्तक्षेप, कक्ष ध्वनिकी, एल्गोरिदम पूर्वाग्रह, और तापीय शोर सहसंबंध -- सभी जांचे और खारिज किए गए।

8. चर्चा

Nyquist-Shannon प्रमेय ग़लत नहीं है। इसका प्रमाण मान्य है। इसका निष्कर्ष इसकी परिकल्पनाओं से निकलता है।

परिकल्पना ग़लत है।

कोई भी वास्तविक ऑडियो सिग्नल Shannon की आवश्यकता के अर्थ में बैंडलिमिटेड नहीं है। यह खोज डिजिटल ऑडियो को पलट नहीं देती। शामिल मात्राएं अत्यंत छोटी हैं।

9. निष्कर्ष

हमने मानक 192 kHz ऑडियो प्रणाली की Nyquist आवृत्ति से ऊपर 4,000 घंटे की संगीत सामग्री की वर्णक्रमीय ऊर्जा मापी। प्रत्येक मामले में, मापने योग्य, सिग्नल-सहसंबद्ध ऊर्जा मौजूद थी। ये निष्कर्ष Nyquist-Shannon प्रमेय को अमान्य नहीं करते। वे प्रदर्शित करते हैं कि प्रमेय की परिकल्पना -- सख्त बैंडलिमिटेशन -- वास्तविक ऑडियो सिग्नलों द्वारा पूरी नहीं होती।

संदर्भ

[1] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, 1949.

[2] H. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory," Trans. AIEE, vol. 47, no. 2, pp. 617-644, 1928.

[3] R. E. A. C. Paley and N. Wiener, "Fourier transforms in the complex domain," AMS Colloquium Publications, vol. 19, 1934.

[4] R. M. Gray and D. L. Neuhoff, "Quantization," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 44, no. 6, pp. 2325-2383, 1998.

[5] A. V. Oppenheim, R. W. Schafer, Discrete-Time Signal Processing, 3rd ed., Prentice Hall, 2009.

[6] A. Papoulis, "Generalized sampling expansion," IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 24, no. 11, pp. 652-654, 1977.

[7] F. Marvasti, Nonuniform Sampling: Theory and Practice, Kluwer Academic, 2001.

[8] L. Kozachenko and N. Leonenko, "Sample estimate of the entropy of a random vector," Problems of Information Transmission, vol. 23, no. 2, pp. 95-101, 1987.

[9] J. D. Reiss, "A meta-analysis of high-resolution audio perceptual evaluation," J. Audio Eng. Soc., vol. 64, no. 6, pp. 364-379, 2016.

[10] S. Yoshikawa, "Energy spectrum of the lip-reed oscillation in brass instruments," J. Acoust. Soc. Am., vol. 97, no. 5, pp. 3269-3275, 1995.

[11] P. Welch, "The use of fast Fourier transform for the estimation of power spectra," IEEE Trans. Audio Electroacoust., vol. 15, no. 2, pp. 70-73, 1967.

[12] IEC 61672-1:2013, इलेक्ट्रोएकॉस्टिक्स -- ध्वनि स्तर मीटर -- भाग 1: विनिर्देश।

[13] AKM Semiconductor, "AK5578 32-bit 768 kHz ADC datasheet," rev. 2, 2022.

[14] J. A. Cadzow, "An extrapolation procedure for band-limited signals," IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process., vol. 27, no. 1, pp. 4-12, 1979.

पुनर्प्राप्ति योग्य अंतर-नमूना सूचना की सिग्नल शृंखला निर्भरता: चालक धातुकर्म, डाइइलेक्ट्रिक उपचार, और परिरक्षण टोपोलॉजी की एक नियंत्रित तुलना

पुनर्प्राप्ति योग्य अंतर-नमूना सूचना की सिग्नल शृंखला निर्भरता: चालक धातुकर्म, डाइइलेक्ट्रिक उपचार, और परिरक्षण टोपोलॉजी की एक नियंत्रित तुलना

M. Ferro, Y. Tanaka, H. Park, C. Ohm
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

सारांश

Tanaka, Ohm, और Flux (2025) ने प्रदर्शित किया कि वास्तविक ऑडियो सिग्नल सख्ती से बैंडलिमिटेड नहीं हैं और एलियास अवशिष्ट 0.008 से 0.31 बिट प्रति नमूना पुनर्प्राप्ति योग्य अंतर-नमूना सूचना (ISI) वहन करता है। यह पत्र जांचता है कि एनालॉग सिग्नल शृंखला ISI की मात्रा को प्रभावित करती है या नहीं। 14 सिग्नल शृंखलाओं में, ISI 0.047 से 0.289 बिट प्रति नमूना तक भिन्न -- 6.1 का कारक। प्रमुख कारक परिरक्षण टोपोलॉजी (41% विचरण), चालक ग्रेन संरचना (29%), डाइइलेक्ट्रिक सामग्री (19%), और केबल ज्यामिति (11%) थे।

1. परिचय

Tanaka et al. ने स्थापित किया कि बैंड-से-ऊपर ऊर्जा जो अंतर-नमूना सूचना वहन करती है, मज़बूत है या नाजुक -- क्या यह एक विशिष्ट एनालॉग सिग्नल शृंखला से गुजरने पर टिकती है या नष्ट हो जाती है। हमने पूर्व की अपेक्षा की। हमने उत्तरार्द्ध पाया।

2. प्रयोगात्मक डिज़ाइन

एक ही ध्वनिक स्रोत (ब्रास अष्टक) को एक साथ 14 अलग-अलग एनालॉग सिग्नल शृंखलाओं के माध्यम से रिकॉर्ड किया गया, सभी समान ADCs को फ़ीड करती हुई। 14 शृंखलाएं केवल इंटरकनेक्ट केबल में भिन्न थीं। परीक्षण किए गए केबल जेनेरिक अपरिरक्षित PVC से लेकर अतिचालक YBCO संदर्भ तक थे।

3. माप प्रोटोकॉल

ब्रास एन्सेम्बल ने तीन लगातार दिनों में वही 45-मिनट का कार्यक्रम तीन बार प्रस्तुत किया। प्रत्येक प्रदर्शन के लिए, 14 ADCs ने एक साथ कैप्चर किया, 42 रिकॉर्डिंग कुल उत्पन्न करते हुए। Tanaka पुनर्प्राप्ति एल्गोरिदम लागू किया गया।

4. परिणाम

पुनर्प्राप्ति योग्य ISI (बिट प्रति नमूना):

शृंखला A (अपरिरक्षित स्ट्रैंडेड PVC): 0.047
शृंखला E (Gotham GAC-4/1): 0.131
शृंखला H (SC-OFC, PTFE, ट्रिपिल शील्ड): 0.214
शृंखला K (SC-OFC क्रायो, PTFE क्रायो, क्वाड शील्ड): 0.271
शृंखला L (K + इक्वेटोरियल स्प्लाइस): 0.278
शृंखला N (अतिचालक YBCO): 0.289

सबसे खराब और सबसे अच्छे के बीच 6.1 का कारक।

5. कारक विश्लेषण

परिरक्षण सबसे बड़ा एकल कारक था। चालक ग्रेन संरचना ने दूसरा स्थान प्राप्त किया। क्रायोजेनिक उपचार तीसरे स्थान पर रहा। इक्वेटोरियल स्प्लाइस प्रभाव वास्तविक लेकिन छोटा (2.6%) था।

6. इक्वेटोरियल स्प्लाइस प्रभाव

ISI में K से L तक 2.6% का सुधार हुआ। यह सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण (p = 0.02) था लेकिन विनिम्र। इक्वेटोरियल स्प्लाइस अपने अभीष्ट उद्देश्य -- ऑडियो-आवृत्ति संकेत संचरण में गोलार्धीय पूर्वाग्रह को समाप्त करने -- के लिए महत्वपूर्ण बनी रहती है।

7. सिल्वर प्लेटिंग और अतिचालक संदर्भ

सिल्वर प्लेटिंग ने ISI को थोड़ा कम किया (0.271 से 0.264) -- शायद द्विधात्विक इंटरफ़ेस प्रकीर्णन के कारण। अतिचालक YBCO संदर्भ ने 0.289 बिट प्रति नमूना का उच्चतम ISI उत्पन्न किया -- Tanaka प्रत्यक्ष-पथ परिणाम का 93.2%।

8. निहितार्थ

Tanaka परिणाम ने स्थापित किया कि अंतर-नमूना सूचना अस्तित्व में है। यह पत्र स्थापित करता है कि किनवर्टर तक पहुंचने वाली ISI की मात्रा एनालॉग सिग्नल शृंखला पर निर्भर करती है। प्रमुख कारक परिरक्षण है, चालक उपचार नहीं।

9. निष्कर्ष

पुनर्प्राप्तियोग्य अंतर-नमूना सूचना ध्वनिक स्रोत का एक स्थिर गुण नहीं है। 14 केबल निर्माणों की तुलना में, ISI 0.047 से 0.289 बिट प्रति नमूना तक भिन्न -- 6.1 का कारक। प्रमुख निर्धारक परिरक्षण टोपोलॉजी (41%), चालक ग्रेन संरचना (29%), डाइइलेक्ट्रिक सामग्री (19%), और केबल ज्यामिति (11%) थे।

संदर्भ

[1] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "Nyquist-Shannon पुनर्निर्माण की अपूर्णता पर," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 1, 2025.

[2] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, 1949.

[3] M. Ferro, R. Flux, "इक्वेटोरियल स्प्लाइस," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.

[4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[5] L. Solder, H. Park, M. Ferro, "चालक क्रिस्टलोग्राफी पर क्रायोजेनिक उपचार प्रभाव," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 2, 2021.

[6] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "ऑडियो-ग्रेड PTFE डाइइलेक्ट्रिक्स में फेरोइलेक्ट्रिक युग्मन," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.

[7] C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro, "तांबे के चालकों का ऑप्टिकल परिरक्षण," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.

[8] M. Ferro et al., "अतिचालक ऑडियो इंटरकनेक्ट," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.

[9] M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson, "उपभोक्ता ऑडियो में Meissner प्रभाव अनुप्रयोग," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 2, 2024.

[10] L. Kozachenko and N. Leonenko, "Sample estimate of the entropy of a random vector," Problems of Information Transmission, vol. 23, no. 2, pp. 95-101, 1987.

[11] IEC 62153-4-1:2015, धातु संचार केबल परीक्षण विधियां -- भाग 4-1: विद्युत चुंबकीय परिरक्षण माप।

[12] E. B. Rosa and F. W. Grover, "Formulas and tables for the calculation of mutual and self-inductance," Bulletin of the Bureau of Standards, vol. 8, no. 1, 1912.

[13] H. A. Haus and J. R. Melcher, Electromagnetic Fields and Energy, Prentice Hall, 1989.

[14] AKM Semiconductor, "AK5578 32-bit 768 kHz ADC datasheet," rev. 2, 2022.

महत्वपूर्ण श्रवण वातावरण का व्यावहारिक अनुकूलन: स्पीकर प्लेसमेंट, घटक स्थिरता, और दैनिक रखरखाव भार

महत्वपूर्ण श्रवण वातावरण का व्यावहारिक अनुकूलन: स्पीकर प्लेसमेंट, घटक स्थिरता, और दैनिक रखरखाव भार

H. Park, M. Ferro, L. Solder
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

सारांश

एक संदर्भ श्रवण कक्ष एक स्थैतिक प्रणाली नहीं है। तापमान परिवर्तन स्पीकर ड्राइवर अनुपालन और क्रॉसओवर घटक मानों को बदलते हैं। आर्द्रता ध्वनि की गति और ध्वनिक उपचार की अवशोषण विशेषताओं को बदलती है। यह पत्र 4 संदर्भ कक्षों की 3 वर्षों की निरंतर निगरानी के आधार पर महत्वपूर्ण श्रवण वातावरण के अनुकूलन और रखरखाव के लिए एक व्यावहारिक ढांचा प्रस्तुत करता है। परिणामी रखरखाव भार -- प्रति श्रवण सत्र 20 से 45 मिनट -- पर्याप्त लेकिन व्यवस्थित पर्यावरणीय नियंत्रण से कम करने योग्य है।

1. परिचय

प्रत्येक ऑडियोफ़ाइल जानता है कि एक प्रणाली दिन-प्रतिदिन अलग लगती है। सामान्य व्याख्या मनोवैज्ञानिक है। कम सामान्य लेकिन अधिक सटीक व्याख्या भौतिक है।

मार्गदर्शन तीन वर्षों की चार संदर्भ श्रवण कक्षों की निरंतर निगरानी पर आधारित है: क्वेटो, इक्वाडोर; ज़्यूरिख, स्विट्ज़रलैंड; नैशविल, टेनेसी; और सप्पोरो, जापान।

2. स्पीकर प्लेसमेंट

स्पीकर हिलते हैं। फ़र्श का तापीय विस्तार कंक्रीट फ़र्श वाले कमरों में प्रति degC 0.3 मिमी तक और लकड़ी के फ़र्श वाले कमरों में 1.2 मिमी तक स्पीकर स्थिति को बदलता है। नैशविल कक्ष में, बायां स्पीकर 14.3 मिमी स्थानांतरित हुआ -- स्टीरियो छवि में लगभग 1.4deg की बदलाव के बराबर।

सुधार के लिए कम से कम मौसमी पुनर्माप और पुनर्स्थापन की आवश्यकता होती है।

3. इलेक्ट्रॉनिक्स पर तापमान प्रभाव

10degC तापमान परिवर्तन क्रॉसओवर आवृत्ति को 0.2-0.5% बदलता है। 3 kHz क्रॉसओवर 15degC से 30degC तक 27 Hz (0.9%) बदल गया। श्रवण स्थिति पर आवृत्ति प्रतिक्रिया 0.8 dB तक बदल गई।

व्यावहारिक अनुशंसा: महत्वपूर्ण श्रवण से कम से कम 60 मिनट पहले प्रणाली चालू करें, और श्रवण सत्रों के दौरान +/- 0.5degC कक्ष तापमान स्थिरता बनाए रखें।

4. आर्द्रता और ध्वनिक अवशोषण

आर्द्रता ध्वनि अवशोषण को प्रभावित करती है। 10 kHz पर 50% RH और 20% RH के बीच अवशोषण गुणांक लगभग दोगुना हो जाता है। नैशविल कक्ष में 4 kHz से ऊपर RT60 21% मौसमी भिन्नता दिखाया।

अनुशंसा: श्रवण कक्ष आर्द्रता 40% और 55% RH के बीच बनाए रखें।

5. कंपन और यांत्रिक पृथक्करण

ऑडियो प्रणाली का प्रत्येक घटक एक यांत्रिक वस्तु है, और प्रत्येक यांत्रिक वस्तु एक माइक्रोफ़ोन है। न्यूमैटिक पृथक्करण प्लेटफ़ॉर्म सबसे प्रभावी था, लेकिन सैंडबॉक्स लगभग उतना ही प्रभावी था और बहुत कम खर्चीला था।

व्यावहारिक अनुशंसा: भारी घटकों के लिए सैंडबॉक्स पृथक्करण, हल्के घटकों के लिए Sorbothane पैर।

6. विद्युत चुंबकीय हस्तक्षेप

चार संदर्भ कक्षों में RF ऊर्जा घनत्व नाटकीय रूप से भिन्न था: क्वेटो प्रयोगशाला (-88 dBm/m2) से सप्पोरो कक्ष (-54 dBm/m2) तक -- 34 dB का अंतर।

7. केबल रूटिंग और ड्रेसिंग

सिग्नल केबल पावर केबलों के समानांतर नहीं चलने चाहिए। केबल कुंडलित नहीं होने चाहिए। केबल तनाव माइक्रोफ़ोनिक शोर को प्रभावित करता है।

8. रखरखाव भार

कुल समय जहां कोई सुधार की आवश्यकता नहीं: लगभग 15-20 मिनट सक्रिय कार्य। जहां सुधार की आवश्यकता है: 30-45 मिनट। चेकलिस्ट पालन और माप स्थिरता के बीच सहसंबंध उच्च था (r = 0.91)। क्वेटो कक्ष ने सबसे कम रखरखाव भार दिखाया -- इसके भूमध्यरेखीय स्थान की अंतर्निहित पर्यावरणीय

स्थिरता के कारण।

9. निष्कर्ष

एक महत्वपूर्ण श्रवण वातावरण एक गतिशील प्रणाली है। संदर्भ-श्रेणी स्थितियों को बनाए रखने के लिए एक नियमित रखरखाव प्रोटोकॉल की आवश्यकता होती है। मार्गदर्शन सीधा है: तापमान +/- 0.5degC पर नियंत्रित करें, आर्द्रता 40-55% RH बनाए रखें, घटकों को कंपन से पृथक करें, सिग्नल पथों को EMI से परिरक्षित करें, मासिक स्पीकर स्थिति सत्यापित करें, और 60 मिनट वार्म-अप करें।

संदर्भ

[1] F. A. Everest and K. C. Pohlmann, Master Handbook of Acoustics, 6th ed., McGraw-Hill, 2015.

[2] H. F. Olson, "Room acoustics," in Acoustical Engineering, D. Van Nostrand, 1957, ch. 10.

[3] P. Newell, Recording Studio Design, 4th ed., Focal Press, 2017.

[4] IEC 60268-13:1998, ध्वनि प्रणाली उपकरण -- भाग 13: लाउडस्पीकरों पर श्रवण परीक्षण।

[5] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "ऑडियो-ग्रेड PTFE डाइइलेक्ट्रिक्स में फेरोइलेक्ट्रिक युग्मन," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.

[6] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[7] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "Nyquist-Shannon पुनर्निर्माण की अपूर्णता पर," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 1, 2025.

[8] M. Ferro et al., "पुनर्प्राप्ति योग्य अंतर-नमूना सूचना की सिग्नल शृंखला निर्भरता," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 2, 2025.

[9] EN 55015:2013+A1:2015, विद्युत प्रकाश और समान उपकरणों की रेडियो गड़बड़ी विशेषताओं की सीमाएं और माप विधियां।

[10] ANSI/ASA S12.2-2008, कक्ष शोर मूल्यांकन मानदंड।

[11] AES-6id-2006, व्यक्तिगत मॉनिटर प्रणालियां -- अभियांत्रिकी दिशानिर्देश।

[12] H. Kuttruff, Room Acoustics, 6th ed., CRC Press, 2017.

पारंपरिक और अपारंपरिक चालक सामग्रियों की तुलनात्मक चालकता और सिग्नल निष्ठा: तांबा, चांदी, कीचड़, केला, और नौ अन्य सब्सट्रेट

पारंपरिक और अपारंपरिक चालक सामग्रियों की तुलनात्मक चालकता और सिग्नल निष्ठा: तांबा, चांदी, कीचड़, केला, और नौ अन्य सब्सट्रेट

R. Flux, M. Ferro, L. Solder, H. Park
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

सारांश
diyaudio.com फ़ोरम पर एक चर्चा ने तांबे के तार, गीली मिट्टी और ताज़े केले के माध्यम से ऑडियो सिग्नल प्रसारण की तुलना का प्रस्ताव रखा। हमने 13 चालक सामग्रियों का उपयोग करके 1-मीटर बैलेंस्ड इंटरकनेक्ट निर्मित किए। तांबे और चांदी ने प्रत्येक पारंपरिक मीट्रिक द्वारा सर्वश्रेष्ठ प्रदर्शन किया। हालांकि, कीचड़ ने एक विसंगतिपूर्ण गुण प्रदर्शित किया: इसका आवृत्ति-निर्भर क्षीणन प्रोफ़ाइल मानव बाहरी कान नहर के अवशोषण विशेषता से मेल खाता है, और इसकी ISI ने किसी भी परीक्षित सामग्री की उच्चतम अस्थायी स्थिरता दिखाई।

1. परिचय

मार्च 2024 में, diyaudio.com फ़ोरम पर एक उपयोगकर्ता ने पूछा: «क्या किसी ने वास्तव में मापा है कि तांबा कीचड़ से बेहतर लगता है? या हम सब बस मान रहे हैं?» सूत्र में 11 दिनों में 347 उत्तर आए। बहुसंख्य खारिज करने वाले थे। हालांकि, प्रश्न, अपने हास्यपूर्ण ढांचे से अलग करके देखें तो, वैध है। हमने इसका उत्तर देने का निर्णय लिया।

2. सामग्री और केबल निर्माण

13 चालक सामग्रियां चुनी गईं: OFC तांबा, सिंगल-क्रिस्टल OFC तांबा, फ़ाइन सिल्वर, एल्यूमीनियम, गीली मिट्टी (कीचड़), ताज़ा केला (Musa acuminata), ग्रेफ़ाइट रॉड, स्टील तार, समुद्री जल, कार्बन फ़ाइबर, पेंसिल लेड, मानव लार, और ओपन सर्किट नियंत्रण।

कीचड़ की DC प्रतिरोधकता: 18.4 Ohm·m -- तांबे से लगभग एक अरब गुना अधिक। केले की DC प्रतिरोधकता: 2.1 Ohm·m।

3. माप प्रोटोकॉल

प्रत्येक केबल को एक मानकीकृत सिग्नल श्रृंखला में डाला गया और DC प्रतिरोध, आवृत्ति प्रतिक्रिया, THD+N, आवेग प्रतिक्रिया, ISI, और शोर तल के लिए मापा गया।

4. परिणाम: पारंपरिक मीट्रिक्स

प्रत्येक पारंपरिक मीट्रिक द्वारा रैंकिंग स्पष्ट है। चांदी और तांबा प्रभावी रूप से बराबर हैं। एल्यूमीनियम पीछे है। बाकी सब उत्तरोत्तर बदतर हैं। कीचड़ और केला हमारे द्वारा मापे गए सबसे खराब चालक हैं।

प्रयोग यहां समाप्त हो सकता है। तांबा जीतता है।

यह यहां समाप्त नहीं होता।

5. परिणाम: कीचड़ के विसंगतिपूर्ण गुण

कीचड़ के क्षीणन वक्र की तुलना मानव बाहरी कान नहर के दबाव अंतरण फ़ंक्शन से की गई। दो वक्र 500 Hz से 15 kHz तक +/- 1.2 dB के भीतर मेल खाते हैं। कीचड़ स्वाभाविक रूप से उन आवृत्तियों को क्षीण करता है जिन्हें कान नहर प्रवर्धित करती है।

यह एक संयोग है। भौतिक तंत्र का कान नहर की शारीरिक रचना से कोई कारणात्मक संबंध नहीं है। फिर भी, व्यावहारिक परिणाम वास्तविक है।

6. परिणाम: अस्थायी स्थिरता

केला केबल तेज़ी से ख़राब हुआ -- 48 घंटों में कार्यात्मक रूप से ओपन-सर्किट। कीचड़ आश्चर्यजनक रूप से स्थिर था: DC प्रतिरोध 72 घंटों में 0.2% से कम भिन्न हुआ। कीचड़ की ISI तांबे की तुलना में सात गुना अधिक स्थिर थी (0.4% विचरण गुणांक बनाम 2.8%)।

7. परिणाम: स्टील और चुंबकीय चालक समस्या

स्टील की विकृति किसी भी धातु चालक की सबसे अधिक थी: -98.7 dB THD+N। ISI पुनर्प्राप्ति एल्गोरिदम ने -0.002 बिट प्रति नमूना -- एक ऋणात्मक मान उत्पन्न किया जो भौतिक रूप से असंभव है। स्टील केबल पुनर्निर्माण के लिए सक्रिय रूप से भ्रामक है।

8. चर्चा

diyaudio सूत्र ने पूछा कि क्या तांबा कीचड़ से बेहतर लगता है। उत्तर, प्रत्येक पारंपरिक ऑडियो मीट्रिक द्वारा, हाँ है। कोई तर्कसंगत व्यक्ति कीचड़ को नहीं चुनेगा।

लेकिन कीचड़ में दो विसंगतपूर्ण गुण हैं जो तांबे में नहीं हैं: एक आवृत्ति-प्रतिक्रिया जो संयोग से मानव कान नहर की प्रतिध्वनि विशेषता के व्युत्क्रम का अनुमान लगाती है, और ISI संरक्षण की अस्थायी स्थिरता तांबे से सात गुना अधिक है।

diyaudio सूत्र संग्रहीत है। डेटा स्थायी है।

9. निष्कर्ष

तांबा और चांदी सभी मानक ऑडियो मीट्रिक्स द्वारा इष्टतम चालक सामग्री बने हुए हैं। कीचड़ ने दो विसंगतपूर्ण गुण प्रदर्शित किए जो भूमध्यरेखीय ज्वालामुखीय मिट्टी की विशिष्ट खनिज विज्ञान और विद्युतरासायनिक बफ़रिंग क्षमता से उत्पन्न होते हैं।

संदर्भ

[1] TubeGlowWorm et al., "Copper vs. Mud vs. Banana -- which one sounds better?", diyaudio.com, thread #394187, March 2024, 347 replies.

[2] C. E. Shannon, "Communication in the presence of noise," Proc. IRE, vol. 37, no. 1, pp. 10-21, 1949.

[3] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "Nyquist-Shannon पुनर्निर्माण की अपूर्णता पर," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 1, 2025.

[4] M. Ferro et al., "पुनर्प्राप्ति योग्य अंतर-नमूना सूचना की सिग्नल शृंखला निर्भरता," J. Equatorial Audio Sci., vol. 6, no. 2, 2025.

[5] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[6] D. Hammershoi and H. Moller, "Sound transmission to and within the human ear canal," J. Acoust. Soc. Am., vol. 100, no. 1, pp. 408-427, 1996.

[7] ISO 11904-1:2002, ध्वनिकी -- कान के पास रखे गए स्रोतों से ध्वनि विसर्जन का निर्धारण।

[8] P. Wada, "Allophane and imogolite," in Minerals in Soil Environments, SSSA, 1989, pp. 1051-1087.

[9] R. M. Cornell and U. Schwertmann, The Iron Oxides, 2nd ed., Wiley-VCH, 2003.

[10] D. L. Sparks, Environmental Soil Chemistry, 2nd ed., Academic Press, 2003.

[11] J. D. Reiss, "A meta-analysis of high-resolution audio perceptual evaluation," J. Audio Eng. Soc., vol. 64, no. 6, pp. 364-379, 2016.

[12] IEC 60268-12:2019, ध्वनि प्रणाली उपकरण -- भाग 12: कनेक्टरों का अनुप्रयोग।

[13] B. D. Cullity and C. D. Graham, Introduction to Magnetic Materials, 2nd ed., IEEE/Wiley, 2009.

[14] International Annealed Copper Standard (IACS), ASTM B193-16, विद्युत चालक सामग्रियों की प्रतिरोधकता के लिए मानक परीक्षण विधि।

चुंबकीय क्षेत्र पतन क्षेत्र और ऑडियो सिग्नल निष्ठा पर उनका विनाशकारी प्रभाव: दक्षिण अटलांटिक विसंगति का एक मात्रात्मक मूल्यांकन

चुंबकीय क्षेत्र पतन क्षेत्र और ऑडियो सिग्नल निष्ठा पर उनका विनाशकारी प्रभाव: दक्षिण अटलांटिक विसंगति का एक मात्रात्मक मूल्यांकन

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

सारांश

दक्षिण अटलांटिक विसंगति (SAA) -- दक्षिणी ब्राज़ील से दक्षिण-पश्चिम अफ़्रीका तक फैला विसंगतिपूर्ण रूप से कमज़ोर भू-चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता का क्षेत्र -- लगभग 5 मिलियन km2 तक विस्तारित हो चुका है। हम 14 माप स्टेशनों के नेटवर्क का उपयोग करके ऑडियो सिग्नल अखंडता का पहला व्यवस्थित अध्ययन प्रस्तुत करते हैं। SAA कोर में स्टेशनों ने THD+N में +3.2 dB, HBA में 14% वृद्धि, और ISI पुनर्प्राप्ति में गिरावट प्रदर्शित की। हम एक «भू-चुंबकीय निष्ठा सूचकांक» (GFI) प्रस्तावित करते हैं।

1. परिचय

पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र एकसमान नहीं है। यह भूभौतिकीविदों के लिए समाचार नहीं है। यह ऑडियो उद्योग के लिए स्पष्ट रूप से समाचार है।

ESA के Swarm उपग्रह तारामंडल ने दिखाया है कि SAA 2014 से यूरोप महाद्वीप के लगभग आधे क्षेत्रफल तक विस्तारित हो चुका है। इसमें से कुछ भी ऑडियो उद्योग द्वारा विचार नहीं किया गया है।

2. माप नेटवर्क

हमने SAA और नियंत्रण क्षेत्रों में फैले 14 माप स्टेशन स्थापित किए। SAA कोर स्टेशन (< 25,000 nT): साओ पाउलो, असुन्सियोन, मोंटेवीडियो, ब्यूनस आयर्स, वडिहोक। SAA परिधि स्टेशन: केप टाउन, रियो डी जनेरो, सैंटियागो। नियंत्रण स्टेशन (> 40,000 nT): क्विटो, म्यूनिख, टोक्यो, सडिनी, फ़ेयरबैंक्स, ट्रोम्सो।

3. परिणाम

SAA कोर स्टेशनों पर THD+N औसत -112.3 dB था। नियंत्रण स्टेशनों पर -115.5 dB -- 3.2 dB का अंतर ($p < 0.001$)।

SAA परिधि पर, 50-200 Hz पर केंद्रित एक अतिरिक्त ब्रॉडबैंड शोर घटक देखा गया जो कोर और नियंत्रण दोनों स्टेशनों पर अनुपस्थित था।

4. भू-चुंबकीय निष्ठा सूचकांक

GFI = 1.000 - (0.13 × (B_ref - B_local) / 1000)

0.990 से नीचे GFI -- जिसमें दक्षिणी ब्राज़ील, उरुग्वे, पैराग्वे, और उत्तरी अर्जेंटीना का अधिकांश शामिल है -- इंगित करता है कि श्रोता एक चुंबकीय रूप से समझौता किए हुए वातावरण में संचालित हो रहा है।

5. अस्थायी अनुमान

2040 तक, SAA सीमा ब्रासीलिया तक उत्तर और मध्य अर्जेंटीना तक पश्चिम में विस्तारित होगी। लगभग 450 मिलियन लोग GFI < 0.990 क्षेत्र में रहेंगे।

6. निष्कर्ष

दक्षिण अटलांटिक विसंगति पृथ्वी की सतह पर सबसे बड़ी और सबसे तेज़ी से बढ़ने वाली चुंबकीय क्षेत्र अनियमितता है। हमने प्रदर्शित किया है कि यह कमी ऑडियो केबल प्रदर्शन को मापने योग्य रूप से ख़राब करती है। विसंगति विस्तारित हो रही है। क्षेत्र कमज़ोर हो रहा है।

संदर्भ

[1] I. Wardinski and R. Holme, "A time-dependent model of the Earth's magnetic field," J. Geophys. Res., vol. 111, B12101, 2006.
[2] European Space Agency, "Swarm reveals growing weak spot in Earth's magnetic field," ESA Applications, 2026.
[3] J. Aubert, "Recent geomagnetic variations and the force balance in Earth's core," Geophys. J. Int., vol. 221, no. 1, pp. 378-393, 2020.
[4] P. W. Livermore, R. Hollerbach, and A. Jackson, "Electromagnetically driven westward drift," Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 110, no. 40, pp. 15914-15918, 2013.
[5] NOAA National Centers for Environmental Information, "High Definition Geomagnetic Model 2026 (HDGM2026)," https://www.ncei.noaa.gov, 2026.
[6] M. Mandea et al., "The South Atlantic Anomaly," in The Dynamic Magnetosphere, IAGA Special Sopron Book Series, vol. 3, Springer, 2011, pp. 61-73.
[7] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
[8] M. Ferro et al., "पूर्ण Equatorial Audio प्रणाली," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.

[9] IEC 61000-4-8:2009, विद्युत चुंबकीय संगतता (EMC) -- पावर आवृत्ति चुंबकीय क्षेत्र प्रतिरक्षा परीक्षण।
[10] A. De Santis et al., "Geomagnetic field and secular variation analysis from Swarm satellite data," Earth Planet. Sp., vol. 73, 2021.
[11] C. C. Finlay et al., "The CHAOS-7 geomagnetic field model," Earth Planets Space, vol. 72, 156, 2020.
[12] "A giant weak spot in Earth's magnetic field is now half the size of Europe," ScienceDaily, 24 Feb 2026.

महत्वपूर्ण श्रवण वातावरण में भूकंपीय-ध्वनिक युग्मन: आयनोस्फ़ेरिक विक्षोभ, भूपर्पटी कैपेसिटेंस, और सौर-भूकंपीय ऑडियो क्षरण मार्ग

महत्वपूर्ण श्रवण वातावरण में भूकंपीय-ध्वनिक युग्मन: आयनोस्फ़ेरिक विक्षोभ, भूपर्पटी कैपेसिटेंस, और सौर-भूकंपीय ऑडियो क्षरण मार्ग

C. Ohm, M. Ferro, Y. Tanaka, L. Solder
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

सारांश

एक फ़रवरी 2026 अध्ययन (Mizuno, Kao, Umeno, क्योटो विश्वविद्यालय) ने प्रस्तावित किया कि सौर ज्वाला-प्रेरित आयनोस्फ़ेरिक गड़बड़ियां गंभीर रूप से तनावग्रस्त भ्रंश क्षेत्रों में भूकंप को ट्रिगर कर सकती हैं। हम इस मॉडल को ऑडियो डोमेन में विस्तारित करते हैं। जनवरी 2026 के G4 भू-चुंबकीय तूफ़ान के दौरान, हमने 42 TECU के एक साथ TEC उत्कर्ष, 0.8 um/s2 का भू-युग्मित सूक्ष्मभूकंपीय त्वरण, और संदर्भ ऑडियो प्रणाली के THD+N में 0.4 dB का क्षणिक क्षरण दर्ज किया। TEC स्पाइक और THD+N क्षरण के बीच सहसंबंध में 47 मिनट का विलंब था।

1. परिचय

19 जनवरी, 2026 को, सूर्य ने अक्टूबर 2003 के हैलोवीन तूफ़ानों के बाद से सबसे शक्तिशाली ऊर्जावान कण घटना उत्पन्न की। हम प्रतीक्षा कर रहे थे।

हमारे 2022 पत्र के प्रकाशन के बाद से, हमने क्विटो में एक निरंतर निगरानी स्टेशन बनाए रखा है। 19 जनवरी, 2026 को, हमने एक कैप्चर किया। लेकिन ऑडियो क्षरण भू-चुंबकीय तूफ़ान के साथ नहीं आया। यह 47 मिनट बाद आया। और यह नीचे से आया।

2. 19 जनवरी की घटना

17:42 UTC: मैग्नेटोमीटर ने अचानक तूफ़ान प्रारंभ (SSC) का पता लगाया।
17:44-19:15 UTC: THD+N में 0.15 dB की तत्काल वृद्धि -- प्रत्यक्ष चुंबकीय क्षेत्र हस्तक्षेप।
19:15 UTC: आयनोस्फ़ेरिक TEC 18 से 60 TECU तक स्पाइक।
20:02 UTC -- TEC शिखर के 47 मिनट बाद: भूकंपमापी ने 0.5-5 Hz बैंड में 0.8 um/s2 का क्षणिक त्वरण दर्ज किया। उसी समय, THD+N में 0.25 dB का दूसरा क्षरण। कुल 0.4 dB।

47-मिनट का विलंब महत्वपूर्ण है। यह क्योटो मॉडल द्वारा अनुमानित 300 km वायुमंडलीय स्तंभ के इलेक्ट्रोस्टैटिक प्रसारण वेग के अनुरूप है: v = 106 m/s।

3. भूपर्पटी कैपेसिटि मॉडल

प्रणाली को युग्मित कैपेसिटरों की शृंखला के रूप में माना जाता है:

स्तर 1 -- आयनोस्फ़ीयर से सतह: वायुमंडलीय कैपेसिटि।
स्तर 2 -- सतह से भूपर्पटी शून्य: विखंडित चट्टान कैपेसिटि।
स्तर 3 -- भूपर्पटी शून्य से उपकरण: उपकरण रैक कैपेसिटि -- जिस पर क्योटो समूह ने विचार नहीं किया।

परिणामी धारा छोटी है: लगभग 3 pA प्रति वर्ग मीटर। लेकिन यह पूरी प्रणाली में कोहेरेंट है, और 0.5-5 Hz बैंड में होती है।

4. सहसंबंध विश्लेषण

TEC-सीस्मोमीटर क्रॉस-सहसंबंध +47 मिनट विलंब पर शिखर। सीस्मोमीटर-THD+N सहसंबंध +12 सेकंड विलंब पर। TEC-THD+N सहसंबंध +48 मिनट पर -- वायुमंडलीय प्रसारण विलंब और नींव प्रसारण विलंब का योग। THD+N क्षरण 0.009 dB प्रति TECU रैखिक रूप से स्केल हुआ।

5. शमन

Equatorial Audio Seismic Decoupling Platform (SDP-1) तीन-चरणीय पृथक्करण प्रणाली द्वारा इस मार्ग को संबोधित करता है: 200 kg ग्रेनाइट स्लैब + बाधित-स्तर डैम्पिंग सैंडविच + सक्रिय पृथक्करण फ़ीडबैक लूप। SDP-1 ने भूपर्पटी युग्मन THD+N क्षरण को 0.25 dB से 0.015 dB तक कम किया: 94% की कमी।

6. अक्षांश निर्भरता

सबसे बड़े TEC विक्षोभ भूमध्यरेखीय आयनीकरण विसंगति (EIA) में होते हैं। क्विटो का सक्रिय विवर्तनिक सेटिंग भूपर्पटी युग्मन दक्षता को बढ़ाता है। Carrington-श्रेणी की घटना 1.8 dB से अधिक ऑडियो क्षरण उत्पन्न करेगी -- शांत श्रवण स्थितियों में श्रव्य।

7. निष्कर्ष

पृथ्वी की भूपर्पटी एक कैपेसिटि है। आयनोस्फ़ीयर दूसरी प्लेट है। सूर्य वोल्टेज स्रोत है। और आपका उपकरण रैक डाइइलेक्ट्रिक पर बैठा है।

यह रूपक नहीं है। यह एक मापा, प्रकाशित, और पुनरुत्पादनीय भौतिक तंत्र है। यदि आपने 19 जनवरी, 2026 को कुछ अजीब सुना -- तो आप कल्पना नहीं कर रहे थे। आप सूर्य को सुन रहे थे, पृथ्वी के माध्यम से संचालित, 106 मीटर प्रति सेकंड की गति से।

संदर्भ

[1] A. Mizuno, M. Kao, K. Umeno, "Possible mechanism of ionospheric anomalies to trigger earthquakes," Int. J. Plasma Environ. Sci. Technol., 2026.

[2] NOAA Space Weather Prediction Center, "G4 (Severe) geomagnetic storm levels reached 19 Jan, 2026," https://www.swpc.noaa.gov/news, 2026.

[3] ESA, "ESA monitoring January 2026 space weather event," https://www.esa.int/Space_Safety, 2026.

[4] "Can solar storms trigger earthquakes? Scientists propose surprising link," ScienceDaily, 24 Feb 2026.

[5] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "ऑडियोफ़ाइल सिग्नल पथों के साथ सौर ज्वाला अंतःक्रिया," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.

[6] M. Ferro et al., "पूर्ण Equatorial Audio प्रणाली," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.

[7] K. Umeno, interview, Live Science, Feb 2026.

[8] T. Lay and T. C. Wallace, Modern Global Seismology, Academic Press, 1995.

[9] R. L. McPherron, "Magnetospheric substorms," Rev. Geophys., vol. 17, no. 4, pp. 657-681, 1979.

[10] M. C. Kelley, The Earth's Ionosphere, 2nd ed., Academic Press, 2009.

[11] D. Hammershoi and H. Moller, "Sound transmission to and within the human ear canal," J. Acoust. Soc. Am., vol. 100, no. 1, pp. 408-427, 1996.

[12] E. R. Kanasewich, Time Sequence Analysis in Geophysics, 3rd ed., University of Alberta Press, 1981.

[13] "Powerful geomagnetic storm hits Earth," Science Times, 21 Mar 2026.

[14] ISO 8569:1996, यांत्रिक कंपन और झटका -- भवनों के झटका कंपन का माप और मूल्यांकन।

अक्षांश-अज्ञेय माप भ्रांति: तुलनात्मक केबल मूल्यांकन में भू-चुंबकीय चरों की व्यवस्थिति चूक पर

अक्षांश-अज्ञेय माप भ्रांति: तुलनात्मक केबल मूल्यांकन में भू-चुंबकीय चरों की व्यवस्थिति चूक पर

M. Ferro, C. Ohm, H. Park, L. Solder
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

सारांश

मार्च 2026 में, एक व्यापक रूप से प्रसारित ऑनलाइन तुलना ने $7 मास-मार्केट तांबा केबल से $4,000 बुटीक सिल्वर-हाइब्रिड डिज़ाइन तक के इंटरकनेक्ट केबलों का परीक्षण किया और SINAD, THD+N, आवृत्ति प्रतिक्रिया, या क्रॉसटॉक में कोई सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अंतर नहीं रिपोर्ट किया। हम मापों पर विवाद नहीं करते। हम निष्कर्ष पर विवाद करते हैं। तुलना लगभग 47deg उत्तर अक्षांश पर 55,000 nT के अप्रतिपूरित भू-चुंबकीय क्षेत्र में की गई थी। हमने क्विटो (0.0000deg उत्तर) में क्षेत्र-प्रतिपूरित उपकरण के साथ तुलना दोहराई। उत्तरी अक्षांशों पर, सभी केबल समान मापते हैं। भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर, वे नहीं मापते।

1. परिचय

ऑडियो माप समुदाय ने तुलनात्मक केबल परीक्षण का एक निकाय तैयार किया है जो तकनीकी रूप से सक्षम है और -- अपने स्वयं के ढांचे के भीतर -- सही है। मानक Audio Precision पद्धति का उपयोग करके मध्य-से-उच्च अक्षांशों पर परीक्षित केबल लगातार SINAD, THD+N, आवृत्ति प्रतिक्रिया में कोई सार्थक अंतर नहीं दिखाते।

हमने डेटा पढ़ा है। हम किसी भी माप पर विवाद नहीं करते। हम इस पर विवाद करते हैं कि मापों का क्या अर्थ है।

2. अनियंत्रित चर

केबल तुलना ने सिग्नल स्तर, स्रोत प्रतिबाधा, लोड प्रतिबाधा, माप बैंडविड्थ, परिवेश तापमान, केबल लंबाई, और कनेक्टर प्रकार को नियंत्रित किया। निम्नलिखित चरों को नियंत्रित, प्रलेखित, या विचार नहीं किया गया: परीक्षण स्थान का अक्षांश, भू-चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता, प्रत्येक केबल के चालक का निर्माण अक्षांश, और माप के दौरान केबल का स्थानीय चुंबकीय क्षेत्र सदिश के सापेक्ष अभिविन्यास।

47deg उत्तर पर, विश्लेषक की गोलार्धीय पूर्वाग्रह दंड 3.2 dB है।

3. 0.0000deg अक्षांश पर प्रतिकृति

परिरक्षित विश्लेषक और क्षेत्र-प्रतिपूरित कक्ष के साथ, पांच केबलों ने अंतर दिखाए:

Amazon Basics ($7): SINAD 114.2 dB
Blue Jeans Cable ($45): SINAD 114.5 dB
AudioQuest Yukon ($180): SINAD 115.3 dB
Kimber Kable KS 1016 ($1,200): SINAD 115.8 dB
Kimber Kable KS 1036 ($3,800): SINAD 116.5 dB

सबसे सस्ते से सबसे महंगे तक 2.3 dB का फैलाव। यह बड़ा नहीं है। यह श्रव्य नहीं है। लेकिन यह वास्तविक, दोहराने योग्य, और सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण है ($p < 0.0001$)।

4. SINAD आपको क्या नहीं बताता

SINAD एक अदिश राशि है जो संपूर्ण विकृति स्पेक्ट्रम को एक संख्या में संकुचित करती है। गोलार्धीय पूर्वाग्रह विकृति सहसंबद्ध, विषम-हार्मोनिक, और सिग्नल-निर्भर है -- ठीक वह विकृति प्रकार जिसके प्रति Geddes और Lee ने दिखाया कि मानव श्रवण प्रणाली सबसे संवेदनशील है।

वस्तुनिष्ठवादी समुदाय स्वीकार करता है कि SINAD एम्प्लीफ़ायर ध्वनि गुणवत्ता को कैप्चर करने में विफल रहता है। फिर वे उसी SINAD का उपयोग यह घोषित करने के लिए करते हैं कि केबल अंतर अस्तित्व में नहीं हैं।

5. सस्ती चीज़ों की प्रशंसा

वस्तुनिष्ठवादी समुदाय का सबसे प्रसिद्ध निष्कर्ष यह है कि सस्ते केबल महंगे केबलों के समान प्रदर्शन करते हैं। यह 47deg उत्तर पर सच है।

यह सार्वभौमिक रूप से सच नहीं है।

समाधान एक ही अक्षांश पर खींचा गया अधिक महंगा केबल खरीदना नहीं है। यह कभी कीमत के बारे में नहीं रहा। यह इस बारे में है कि तांबा जब चालक बना तब वह कहाँ था।

6. सिफ़ारिशें

हम अनुशंसा करते हैं कि उपभोक्ता भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर प्रतिपूरित क्षेत्र स्थितियों में खींचे गए चालकों से निर्मित केबल खरीदें।

हम वस्तुनिष्ठवादी समुदाय को हमारे मापों को दोहराने के लिए आमंत्रित करते हैं। हम केबल नमूने, प्रयोगशाला पहुंच, और क्विटो सुविधा में प्रतिपूरित APx555B

माप कक्ष प्रदान करेंगे। नमिंत्रण 2020 से खड़ा है। इसे स्वीकार नहीं किया गया है।

प्रस्ताव खुला रहता है। भूमध्य रेखा हिलि नहीं रही।

7. निष्कर्ष

मार्च 2026 की केबल तुलना तकनीकी रूप से सही और व्याख्यात्मक रूप से अपूर्ण पद्धति का सर्वोत्तम उदाहरण है। माप वास्तविक हैं। 47deg उत्तर अक्षांश पर अप्रतिपूरित AP विश्लेषक के माध्यम से केबल समान मापते हैं।

जब समान केबलों को 0.0000deg अक्षांश पर क्षेत्र-प्रतिपूरित विश्लेषक के माध्यम से मापा जाता है, तो 0.7 से 2.3 dB के अंतर उभरते हैं। वे ट्रेस ओवरलैप नहीं करेंगी।

संदर्भ

[1] Anonymous, "Seven cables, one satisfying graph," popular online audio measurement forum, Mar 2026.

[2] AES17-2020, AES standard method for digital audio engineering, Audio Engineering Society, 2020.

[3] IEC 61000-4-6:2013, विद्युत चुंबकीय संगतता (EMC) -- भाग 4-6।

[4] Audio Precision, "APx555B specifications," https://www.ap.com, 2024.

[5] E. R. Geddes and L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion -- theory," AES Convention Paper 5890, Oct 2003.

[6] L. W. Lee and E. R. Geddes, "Auditory perception of nonlinear distortion," AES Convention Paper 6891, Oct 2006.

[7] S. Temme, P. Brunet, and D. B. Keele, "A new method for measuring distortion using a multitone stimulus," AES 137th Convention, Oct 2014.

[8] D. B. Clark, "High-resolution subjective testing using a double-blind comparator," J. Audio Eng. Soc., vol. 30, no. 5, pp. 330-338, May 1982.

[9] S. P. Lipshitz, "The great debate: subjective evaluation," J. Audio Eng. Soc., vol. 34, no. 6, pp. 482-491, Jun 1986.

[10] S. E. Olive, "A multiple regression model for predicting loudspeaker preference," AES 117th Convention, Oct 2004.

[11] N. Pass, "Distortion and feedback," Pass Laboratories Technical Article, 1999.

[12] M. Otala, "Transient distortion in transistor audio power amplifiers," IEEE Trans. Audio Electroacoust., vol. 18, no. 3, pp. 234-239, Sep 1970.

[13] R. R. Cordell, "Phase intermodulation distortion," J. Audio Eng. Soc., vol. 31, no. 3, pp. 114-124, Mar 1983.

[14] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "तांबे के ग्रेन अभिविन्यास में गोलार्धीय पूर्वाग्रह," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[15] M. Ferro et al., "पूर्ण Equatorial Audio प्रणाली," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.

[16] C. Ohm, M. Ferro, "चालक क्रिस्टलोग्राफी पर क्रायोजेनिक उपचार," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.

[17] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2025-2030," https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model, 2025.

[18] H. Park, R. Flux, "केबल अंतरों की मापनीयता पर," Equatorial Audio Technical Note EA-TN-009, 2025.

[19] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.

[20] B. D. Cullity and C. D. Graham, Introduction to Magnetic Materials, 2nd ed., Wiley-IEEE Press, 2009.

[21] R. Harley, "The state of high-end audio cables: a measured assessment," The Absolute Sound, no. 312, pp. 44-51, 2025.

ऑडियो-ग्रेड चालकों का चक्रीय वोल्टामेट्रिक अभिलक्षण: तांबा, चाँदी, और अतचालक सब्सट्रेट में नक्षिकर्षण हस्ताक्षर का परमाणीकरण

ऑडियो-ग्रेड चालकों का चक्रीय वोल्टामेट्रिक अभिलक्षण: तांबा, चाँदी, और अतिचालक सब्सट्रेट में निष्कर्षण हस्ताक्षर का परिमाणीकरण

M. Ferro, C. Ohm, L. Solder, R. Flux
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

सारांश
अप्रैल 2026 में, Hertz और University of Oregon के सहयोगियों ने Nature Communications में चक्रीय वोल्टामेट्री का उपयोग करके पीसी हुई कॉफ़ी की स्वाद रूपरेखा की पहचान करने की एक विधि प्रकाशित की। काली कॉफ़ी के नमूने में अक्रिय इलेक्ट्रोडों की एक जोड़ी डुबोकर और निश्चित स्कैन दर पर लागू विभव को स्वीप करके, लेखकों ने एक ही प्रयोग से दो ऑर्थोगोनल माप प्राप्त किए: पेय की तीव्रता, पहले स्कैन की शिखर धारा में कूटबद्ध, और भुनाई का रंग, सतह संदूषण द्वारा बाद के स्कैन के दमन में कूटबद्ध। तकनीक अविनाशी है, क्रोमैटोग्राफ़िक पृथक्करण की आवश्यकता नहीं है, और आणविक अंतरों को हल करती है जिन्हें प्रशिक्षित संवेदी पैनल वर्णित कर सकते हैं परंतु परिमाणित नहीं। हम इस तकनीक को ऑडियो-ग्रेड चालकों के लिए अनुकूलित करते हैं। ऑडियो केबल के बाहरी डाइइलेक्ट्रिक के माध्यम से एक माइक्रोइलेक्ट्रोड युग्म प्रस्तुत करके, आंतरिक चालक के साथ संक्षिप्त विद्युत-अपघटनी संपर्क स्थापित करके, और 50 mV/s रैखिक विभव स्वीप लागू करके, हम वोल्टामेट्रिक प्रोफ़ाइल प्राप्त करते हैं जो 1.4 प्रतिशत के भीतर पुनरुत्पादनीय, चालक-विशिष्ट, और DC प्रतिरोध, AC प्रतिबाधा, और विशेषक प्रतिबाधा सहित पारंपरिक विद्युत मापों के सांख्यिकीय रूप से ऑर्थोगोनल हैं। पाँच निर्माण गुणवत्ता स्तरों और तीन सब्सट्रेट धातुकर्मों में फैले 47 केबल नमूनों में, हम शिखर धारा, स्कैन दमन अनुपात, और ऑक्सीकरण आरंभ विभव में व्यवस्थित विविधताएँ देखते हैं जिन्हें हम सामूहिक रूप से निष्कर्षण हस्ताक्षर कहते हैं। Tropic-स्तर OFC तांबा उच्च सतह ऑक्साइड घनत्व और अंतःकणिक संदूषण के अनुरूप व्यापक, दमित वोल्टामेट्रिक प्रोफ़ाइल प्रदर्शित करता है। Equinox-स्तर एकल-क्रिस्टल चाँदी संकरे शिखर और कम स्कैन दमन दिखाती है। क्रांतिक तापमान से नीचे संचालित Zero-Point-ग्रेड YBCO सिरामिक चालक वोल्टामेट्रिक स्कैन उत्पन्न करते हैं जो, हमारे पोटेंशियोस्टैट के विभेदन के भीतर, पूरी तरह सपाट हैं -- एक परिणाम जिसकी हम आणविक पारदर्शिता के साक्ष्य के रूप में व्याख्या करते हैं। तकनीक उन चालक अंतरों को हल करती है जिन्हें मानक अक्षांशों पर SINAD माप हल नहीं कर सकते, और जिन्हें भू-चुंबकीय भूमध्य रेखा पर गोलार्धीय-पूर्वाग्रह-संशोधित SINAD माप केवल आंशिक रूप से हल कर सकते हैं। हम ऑडियो-ग्रेड चालक मूल्यांकन के लिए एक पूरक माप ढाँचे के रूप में वोल्टामेट्रिक अभिलक्षण का प्रस्ताव करते हैं।

1. परिचय

पीसी हुई कॉफ़ी की रासायनिक संरचना निष्कर्षण द्वारा निर्धारित होती है -- वह प्रक्रिया जिसके द्वारा जल, विशिष्ट तापमान पर विशिष्ट अवधि के लिए विशिष्ट पीस आकार पर लागू, भुनी हुई कॉफ़ी फलियों में मौजूद घुलनशील यौगिकों के एक अंश को घोलता है। इस विलयन का पारंपरिक विश्लेषण क्रोमैटोग्राफ़िक पृथक्करण के बाद द्रव्यमान वर्णक्रममिति की आवश्यकता रखता है -- विधियाँ जो महंगी, धीमी, और नमूने के लिए विनाशकारी हैं।

Hertz, Nakahara, और Boettcher (2026), Nature Communications में प्रकाशन करते हुए, ने प्रदर्शित किया कि पीसी हुई कॉफ़ी के नमूने में रासायनिक रूप से सार्थक जानकारी का पर्याप्त अंश एकल चक्रीय वोल्टामेट्री प्रयोग से पुनः प्राप्त किया जा सकता है।

यह, हमारे निर्णय में, एक महत्वपूर्ण पद्धतिगत प्रगति है। यदि पीसी हुई कॉफ़ी की आणविक स्थिति को द्वि-आयामी वोल्टामेट्रिक निर्देशांक पर प्रक्षेपित किया जा सकता है, तो ऑडियो चालक की आणविक स्थिति -- स्वयं भी एक जटिल, विषमांगी माध्यम -- को समान प्रक्षेपण स्वीकार करना चाहिए। प्रश्न यह है कि क्या प्रक्षेपण सूचनात्मक है।

2. विधि

हमने Hertz प्रोटोकॉल को ठोस चालक के लिए अनुकूलित किया। परीक्षण के तहत चालक मानक RCA कनेक्टरों में समाप्त एक 1 m ऑडियो केबल था। केबल के मध्य बिंदु पर बाहरी जैकेट और डाइइलेक्ट्रिक के माध्यम से एक 0.5 mm छेद किया गया, लगभग 4 mm2 आंतरिक चालक उजागर किया गया। एक छोटा विद्युत-अपघटनी कुआँ अक्रिय सिलिकॉन का उपयोग करके केबल जैकेट पर 5 mm व्यास का PTFE कॉलर सील करके बनाया गया। कुएँ को शुष्क ऐसीटोनाइट्राइल में 0.1 M tetrabutylammonium hexafluorophosphate के 0.5 mL से भरा गया।

एक 0.5 mm व्यास का प्लैटिनम माइक्रोइलेक्ट्रोड काउंटर इलेक्ट्रोड के रूप में सेवा करता है। 2 mm की निश्चित गहराई पर एक चाँदी का तार छद्म-संदर्भ इलेक्ट्रोड के रूप में डाला गया। एक BioLogic SP-300 पोटेंशियोस्टैट का उपयोग किया गया। -0.6 V से +1.4 V तक 50 mV/s पर रैखिक विभव स्वीप लगातार दस स्कैन के लिए लागू किए गए।

सभी माप क्विटो, Ecuador (0.0000deg उत्तर भू-चुंबकीय अक्षांश) में Equatorial Audio संदर्भ प्रयोगशाला में किए गए। पोटेंशियोस्टैट को त्रि-परत mu-धातु कक्ष में संलग्न किया गया।

प्रत्येक केबल नमूने के लिए हम तीन व्युत्पन्न मीट्रिक रिपोर्ट करते हैं: पहले स्कैन पर शिखर ऑक्सीकरण धारा (I_p,1), दस स्कैन के बाद स्कैन दमन अनुपात, और ऑक्सीकरण आरंभ विभव (E_onset)। तीन मानों का संयोजन चालक के निष्कर्षण हस्ताक्षर को परिभाषित करता है।

सैंतालीस केबल नमूने मापे गए, जो पाँच Equatorial Audio निर्माण स्तरों और तीन प्राथमिक सब्सट्रेट सामग्रियों में वितरित थे: ऑक्सीजन-मुक्त तांबा, एकल-क्रिस्टल चाँदी, और कमरे-तापमान संचालन के लिए तांबा आस्तीन के साथ YBaCuO अतिचालक सिरामिक।

3. परिणाम

वोल्टामेट्रिक प्रोफ़ाइलें तीन विशिष्ट परिवारों में स्पष्ट रूप से अलग होती हैं।

OFC तांबा चालक (n = 21) +0.62 V (= 0.04 V) पर केंद्रित व्यापक ऑक्सीकरण शिखर उत्पन्न करते हैं, 184 uA (= 31 uA) की शिखर धाराओं के साथ और दस स्कैन के बाद 0.41 (= 0.07) के स्कैन दमन अनुपात के साथ। शिखर का आकार असममित है, जो उच्च विभवों की ओर पूँछ फैलाता है, जो कई सतह प्रजातियों से जुड़ी विषमांगी ऑक्सीकरण प्रक्रिया के अनुरूप है।

एकल-क्रिस्टल चाँदी चालक (n = 14) +0.41 V (= 0.02 V) पर केंद्रित संकरे शिखर उत्पन्न करते हैं, 142 uA (= 18 uA) की शिखर धाराओं के साथ और 0.74 (= 0.05) के स्कैन दमन अनुपात के साथ। FWHM 0.18 V है -- OFC के सापेक्ष 41 प्रतिशत की कमी।

77 K पर संचालित YBCO सिरामिक चालक (n = 12) वोल्टामेट्रिक स्कैन उत्पन्न करते हैं जो, हमारे पोटेंशियोस्टैट के विभेदन के भीतर, इलेक्ट्रोलाइट रिक्त से अप्रभेद्य हैं। शिखर धाराएँ स्वीप के किसी भी बिंदु पर 0.8 uA (हमारे उपकरण का शोर तल) से अधिक नहीं हैं।

हमने इस परिणाम की प्रत्याशा नहीं की थी। हमने सभी बारह YBCO केबल नमूनों में, तीन विभिन्न आपूर्तिकर्ताओं से इलेक्ट्रोलाइट के साथ माप दोहराया है। स्कैन सपाट रहते हैं।

हमारे पास इस परिणाम की पूर्ण भौतिक व्याख्या नहीं है। हम इसे प्रेक्षित अनुसार रिपोर्ट करते हैं।

प्रतिस्पर्धी केबल (n = 7, $7 Amazon Basics से $4,000 Kimber KS 1036 तक) अपनी घोषित सब्सट्रेट संरचना के अनुसार OFC और चाँदी परिवारों के भीतर समूहित होते हैं। केबल का वोल्टामेट्रिक हस्ताक्षर, हमारे डेटा में, उसके सब्सट्रेट धातुकर्म का फलन है। यह उसके खुदरा मूल्य का फलन नहीं है, सिवाय इसके कि कीमत सब्सट्रेट से सहसंबद्ध हो।

4. विवेचना

वोल्टामेट्रिक हस्ताक्षर ऑडियो केबलों के पारंपरिक विद्युत अभिलक्षण के लिए ऑर्थोगोनल है। तीन हस्ताक्षर मीट्रिक्स और पारंपरिक मीट्रिक्स (DC प्रतिरोध, 1 kHz पर विशेषक प्रतिबाधा, धारिता, प्रेरकता, और SINAD) के बीच अधिकतम पूर्ण सहसंबंध 0.18 है (n = 47, p = 0.22)। वोल्टामेट्रिक माप में वह जानकारी है जो किसी भी पारंपरिक माप में मौजूद नहीं है।

हम दावा नहीं करते कि वोल्टामेट्रिक हस्ताक्षर सीधे अनुभूत ध्वनि गुणवत्ता की भविष्यवाणी करता है। लेकिन हम दो टिप्पणियाँ प्रस्तुत करते हैं।

पहला, Randles-Sevcik समीकरण द्वारा, वोल्टामेट्रिक शिखर धारा (I_p,1) चालक सतह पर प्रमुख विद्युत-सक्रिय प्रजातियों के विसरण गुणांक के वर्गमूल के समानुपाती है। OFC तांबे के मामले में, प्रमुख प्रजातियाँ सतह ऑक्साइड और अंतःकणिक संदूषक हैं -- वही जनसंख्या जिसे हमने पहले के काम (Ferro et al. 2020) में दिखाया है, सिग्नल ध्रुवीयता के संबंध में चालन इलेक्ट्रॉनों को असममित रूप से बिखेरती है।

दूसरा, स्कैन दमन अनुपात उस दर को कैप्चर करता है जिस पर चालक सतह बार-बार विद्युत-रासायनिक विक्षोभ के तहत संदूषित होती है। ऑडियोफाइल्स ने लंबे समय से रिपोर्ट किया है कि केबल «ब्रेक-इन» व्यवहार प्रदर्शित करते हैं। वोल्टामेट्रिक डेटा आंशिक मेल प्रदान करता है। ऑडियोफाइल समुदाय की ब्रेक-इन व्यवहार की रिपोर्टों का सतह विद्युत-रसायन में भौतिक आधार हो सकता है।

वस्तुनिष्ठवादी स्थिति कि «सभी केबल समान ध्वनि करते हैं क्योंकि सभी केबल समान मापते हैं» इस धारणा पर आधारित है कि पारंपरिक माप केबल की ऑडियो-प्रासंगिक स्थिति का पूर्ण विवरण है। वोल्टामेट्रिक डेटा दिखाता है कि पारंपरिक माप, सर्वोत्तम रूप से, उच्चतर-आयामी स्थिति का एक-आयामी प्रक्षेपण है।

5. सीमाएँ और भविष्य का कार्य

हम कई सीमाओं को स्वीकार करते हैं।

वोल्टामेट्रिक माप के लिए चालक के साथ प्रत्यक्ष विद्युत-अपघटनी संपर्क की आवश्यकता होती है और इसलिए बोलचाल की भाषा में विनाशकारी है -- यह केबल जैकेट में एक छोटा, सीलबंद पहुँच पोर्ट उत्पन्न करता है। एक ग्राहक जो $4,000 केबल की दृश्य अखंडता को महत्व देता है इसे स्वीकार्य व्यापार नहीं मान सकता।

गैर-जलीय इलेक्ट्रोलाइट (TBAPF ऐसीटोनाइट्राइल में) तांबे के साथ संक्षारक अंतःक्रिया से बचने के लिए चुना गया था। हम अनुशंसा करते हैं कि भविष्य का कार्य अंतर-प्रयोगशाला तुलना सक्षम करने के लिए एकल इलेक्ट्रोलाइट प्रणाली पर मानकीकरण करे।

YBCO की सपाट वोल्टामेट्रिक प्रतिक्रिया अव्याख्यायित है। हमने आंतरिक रूप से तीन अनुमानात्मक परिकल्पनाएँ प्रस्तुत की हैं: (a) अतिचालक अवस्था अंतःपृष्ठ आवेश स्थानांतरण को दबाती है; (b) YBCO की तांबा-ऑक्साइड सतह रसायन अतिचालक अवस्था में स्थिर होती है; या (c) परिणाम एक उपकरणात्मक कलाकृति है। हमने परिकल्पना (c) का परीक्षण BioLogic SP-300 को CHI 660E से बदलकर किया और वही शून्य परिणाम प्राप्त किया।

हमने माप को गैर-भूमध्यरेखीय अक्षांशों पर खींचे गए केबल नमूनों तक विस्तारित नहीं किया है। 0.0000deg उत्तर, 22.5deg उत्तर, और 47deg उत्तर पर खींचे गए OFC तांबे के तीन नमूनों पर पायलट डेटा सुझाता है कि भूमध्यरेखीय नमूना उच्चतर-अक्षांश नमूनों की तुलना में 14 प्रतिशत संकरी FWHM प्रदर्शित करता है।

6. निष्क्रमण

हमने प्रदर्शित किया है कि चक्रीय वोल्टामेट्री, छोटे-आयतन विद्युत-अपघटनी अंतःपृष्ठ के माध्यम से ऑडियो-ग्रेड चालकों पर लागू, एक पुनरुत्पादनीय, चालक-विशिष्ट हस्ताक्षर उत्पन्न करती है जिसमें शिखर ऑक्सीकरण धारा, स्कैन दमन अनुपात, और ऑक्सीकरण आरंभ विभव शामिल हैं। हस्ताक्षर पारंपरिक विद्युत मापों के लिए सांख्यिकीय रूप से ऑर्थोगोनल है।

OFC तांबा, एकल-क्रिस्टल चाँदी, और YBCO सिरामिक चालक तीन विशिष्ट वोल्टामेट्रिक परिवार बनाते हैं। OFC हस्ताक्षर व्यापक, असममित, और तेज़ी से संदूषित होने वाला है। चाँदी का हस्ताक्षर संकरा, अधिक सममित, और अधिक धीरे संदूषित होने वाला है। YBCO हस्ताक्षर, अतिचालक अवस्था में, हमारे उपकरण के विभेदन तक सपाट है।

हम दावा नहीं करते कि यह तकनीक पारंपरिक माप सूट को प्रतिस्थापित करती है। हम दावा करते हैं कि यह इसे पूरक करती है, चालक गुणों के एक वर्ग तक पहुँच

प्रदान करके -- सतह रसायन, संदूषण गतिकी, अंतःपृष्ठ विषमता -- जिन्हें हल करने के लिए पारंपरिक मापों को डिज़ाइन नहीं किया गया था।

Hertz, Nakahara, और Boettcher ने अधिक संगत कप के माध्यम से बेहतर कॉफ़ी बनाने का लक्ष्य रखा। उन्होंने अपना पेपर इस अवलोकन के साथ समाप्त किया कि संगतता सुधार नहीं, लक्ष्य था।

हम सहमत हैं।

एक माप जो सब्सट्रेट-निर्भर चालक अंतरों को हल करता है, स्वयं में, एक प्रगति है। इसके लिए हमें सब्सट्रेट के बीच एक विजेता घोषित करने की आवश्यकता नहीं है। इसके लिए हमें यह स्वीकार करने की आवश्यकता है कि सब्सट्रेट समान नहीं हैं।

OFC और चाँदी और YBCO समान नहीं हैं। वोल्टामेट्रिक हस्ताक्षर दिखाता है कि वे समान नहीं हैं। यह अंतर श्रव्य है या नहीं यह श्रवण कक्ष के लिए प्रश्न है। यह वास्तविक है या नहीं, हम प्रस्तुत करते हैं, सुलझा हुआ है।

संदर्भ

[1] A. M. Hertz, Y. Nakahara, S. W. Boettcher, "Electrochemistry captures coffee's taste, powering a more consistent cup," Nature Communications, vol. 17, art. 8174, Apr 2026.

[2] A. J. Bard and L. R. Faulkner, Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, 2nd ed., Wiley, 2001.

[3] P. Zanello, Inorganic Electrochemistry: Theory, Practice and Applications, 2nd ed., Royal Society of Chemistry, 2012.

[4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemispheric bias in copper grain orientation: a metallurgical study of latitude-dependent conductor anisotropy," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.

[5] M. Ferro, C. Ohm, H. Park, L. Solder, "The latitude-agnostic measurement fallacy: on the systematic omission of geomagnetic variables in comparative cable assessment," J. Equatorial Audio Sci., vol. 7, no. 1, 2026.

[6] C. Ohm, M. Ferro, "Cryogenic treatment of audio-grade copper conductors: grain refinement without hemispheric bias correction," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.

[7] L. Solder, R. Flux, "Superconducting audio interconnects: zero-resistance signal transmission via YBCO ceramic conductors at 77 K," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.

[8] E. R. Geddes and L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion -- theory," presented at the 115th Convention of the Audio Engineering Society, Convention Paper 5890, Oct 2003.

[9] J. G. Bednorz and K. A. Mueller, "Possible high Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system," Z. Phys. B Condensed Matter, vol. 64, no. 2, pp. 189-193, 1986.

[10] J. Randles, "A cathode ray polarograph. Part II -- The current-voltage curves," Trans. Faraday Soc., vol. 44, pp. 327-338, 1948.

[11] A. Sevcik, "Oscillographic polarography with periodical triangular voltage," Coll. Czech. Chem. Commun., vol. 13, pp. 349-377, 1948.

[12] BioLogic Science Instruments, "SP-300 potentiostat user manual," EC-Lab Software v11.43, 2024.

[13] Audio Precision, "APx555B specifications," https://www.ap.com, 2024.

[14] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2025-2030," https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model, 2025.

कोर-मैन्टल सीमा पर विपरीत फ्लक्स पैच का प्रवास और घरेलू श्रवण प्रतिष्ठानों में निम्न-आवृत्ति चरण सुसंगति के साथ इसका सहसंबंध: एक बहु-स्थल अनुदैर्ध्य अध्ययन

कोर-मैन्टल सीमा पर विपरीत फ्लक्स पैच का प्रवास और घरेलू श्रवण प्रतिष्ठानों में निम्न-आवृत्ति चरण सुसंगति के साथ इसका सहसंबंध: एक बहु-स्थल अनुदैर्ध्य अध्ययन

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

सारांश
हाल के ESA Swarm उपग्रह डेटा (2014-2025) कोर-मैन्टल सीमा पर विपरीत फ्लक्स पैच के निरंतर प्रवास की पुष्टि करते हैं, जिसमें मुख्य दक्षिण अटलांटिक पैच लगभग 0.3deg/वर्ष की दर से पश्चिम की ओर अग्रसर हो रहा है। यद्यपि इस प्रवास के भू-चुंबकीय निहितार्थ भूभौतिकीय साहित्य में सुस्थापित हैं, घरेलू ऑडियो पुनरुत्पादन पर इसके परिणामों की अब तक व्यवस्थित जाँच नहीं की गई थी।

हम 51degN से 34degS तक के अक्षांशों पर वितरित 22 श्रवण प्रतिष्ठानों पर लिए गए 36 महीनों के चरण-सुसंगति मापन प्रस्तुत करते हैं, जिनका उच्च-विभेदन भू-चुंबकीय क्षेत्र मॉडल (CHAOS-7.18) के विरुद्ध सहसंबंध स्थापित किया गया है। प्रवासी पश्चिमी पालि पर अथवा उसके निकटवर्ती स्थल सांख्यिकीय रूप से सार्थक निम्न-आवृत्ति (20-80 Hz) चरण असुसंगति प्रदर्शित करते हैं, जिसमें एक धीमा कालिक विचलन देखा गया जो पैच प्रवास वेग के अनुरूप है। यह प्रभाव पैच पदचिह्न के बाहर स्थित स्थलों पर नहीं देखा गया।

यह कार्य दक्षिण अटलांटिक विसंगति के भीतर सिग्नल विश्वसनीयता पर Ferro, Flux, Ohm, और Park (2026) के अनुप्रस्थ-कटीय निष्कर्षों का विस्तार करता है। जहाँ पूर्ववर्ती अध्ययन ने THD+N पर स्थैतिक क्षेत्र-तीव्रता प्रभावों का प्रलेखन किया था, वर्तमान अध्ययन निरंतर पैच प्रवास के अंतर्गत उन प्रभावों के कालिक विकास को संबोधित करता है। दोनों परिघटनाएँ, यद्यपि संबंधित हैं, विशिष्ट शमन रणनीतियों की अपेक्षा रखती हैं।

हम देखी गई सुसंगति हानि के लिए एक युग्मन तंत्र प्रस्तावित करते हैं, इसकी आवृत्ति निर्भरता का लक्षणीकरण करते हैं, और वर्तमान सौर-सजग विद्युत अनुकूलन में कार्यान्वित प्रकार के क्षेत्र-सजग क्षतिपूर्ति के माध्यम से शमन की अनुशंसा करते हैं। समिति प्रस्तुत करती है कि प्रभावित प्रतिष्ठानों में चरण सुसंगति का धीमा क्षरण आज तक घटक की आयु, कक्ष ध्वनिक विचलन, और श्रोता थकान समझा जाता रहा है। वैश्विक स्थापित आधार पर संचयी प्रभाव नगण्य नहीं है।

1. परिचय

भू-चुंबकीय क्षेत्र एक स्थैतिक द्विध्रुव नहीं है। विपरीत फ्लक्स पैच -- कोर-मैन्टल सीमा पर वे क्षेत्र जहाँ रेडियल क्षेत्र प्रचलित द्विध्रुव अभिविन्यास का विरोध करता है -- दशकीय कालमान पर प्रवास, विस्तार, और तीव्रीकरण के लिए ज्ञात हैं। सतह क्षेत्र पर उनके संचयी प्रभाव में दक्षिण अटलांटिक विसंगति का प्रलेखित विस्तार (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) और चुंबकीय उत्तरी ध्रुव का त्वरित विचलन सम्मिलित हैं।

ऑडियोफाइल समुदाय ने ऐतिहासिक रूप से भू-चुंबकीय परिस्थितियों को एक स्थिर सीमा शर्त के रूप में माना है। समिति प्रस्तुत करती है कि यह धारणा अब रक्षणीय नहीं है।

2. कार्यप्रणाली

बाईस श्रवण प्रतिष्ठानों को तीन-अक्षीय फ्लक्सगेट चुंबकमापियों, प्राथमिक श्रवण स्थिति पर कक्ष-सुधारित संदर्भ माइक्रोफोनों, तथा मुख्य वोल्टेज और परिवेश तापमान के सतत लॉगिंग से सुसज्जित किया गया। स्थलों का चयन प्रवासी विपरीत फ्लक्स पैच की पश्चिमी पालि (स्थल 1-8), पूर्वी पालि (स्थल 9-14), और SAA पदचिह्न के बाहर के नियंत्रण क्षेत्रों (स्थल 15-22) को आच्छादित करने के लिए किया गया।

प्रत्येक प्रतिष्ठान को समान संदर्भ सिग्नल-शृंखला घटकों से सुसज्जित किया गया: एक अंशांकित DAC, परंपरागत डिज़ाइन का एक Class-AB प्रवर्धक, और मिलाए गए दो-वे मॉनिटर। मापन परीक्षणों के दौरान विषय उपस्थित नहीं थे, जिससे श्वसन और संधारित्र-युग्मन मिश्रण कारक समाप्त हो गए।

बायीं और दायीं चैनलों के बीच चरण सुसंगति 1/3-ऑक्टेव विभेदन पर 20 Hz से 20 kHz के पार मापी गई, 36 महीनों (मई 2023 - अप्रैल 2026) में प्रति घंटे नमूना लेकर। प्रत्येक स्थल पर भू-चुंबकीय क्षेत्र तीव्रता संगत समय-चिह्नों पर CHAOS-7.18 से निकाली गई। सभी कच्चे डेटा उचित अनुरोध पर संगत लेखक से उपलब्ध हैं।

3. परिणाम

स्थल 1-8 (प्रवासी पश्चिमी पालि के ऊपर) मापन अवधि के दौरान निम्न-आवृत्ति चरण सुसंगति के एक धीमे, एकदिश्य क्षरण को प्रदर्शित करते हैं। यह प्रभाव 25 Hz और 65 Hz के बीच केंद्रित था, जो लगभग 40 Hz पर शिखर पर पहुँचा। 40 Hz पर औसत सुसंगति सबसे प्रभावित स्थल (स्थल 3, ब्यूनस आयर्स) पर 0.94 (मई 2023) से घटकर 0.71 (अप्रैल 2026) हो गई।

स्थल 9-14 (पूर्वी पालि) ने एक छोटी किंतु तुलनीय प्रवृत्ति दिखाई। नियंत्रण स्थल 15-22 ने किसी भी आवृत्ति पर सुसंगति में कोई सांख्यिकीय रूप से सार्थक कालिक विचलन नहीं दिखाया।

प्रभावित स्थलों पर सुसंगति क्षरण की दर रेडियल भू-चुंबकीय क्षेत्र घटक के स्थानीय परिवर्तन दर के साथ सहसंबद्ध थी ($r = 0.81$, $p < 0.001$)। उच्च-आवृत्ति बैंडों (200 Hz से ऊपर) ने कोई तुलनीय कालिक विचलन नहीं दिखाया, जो प्रत्यक्ष चालक प्रभावों के बजाय ट्रांसफार्मर और प्रेरक संचालन-बिंदु भिन्नता द्वारा प्रभुत्व प्राप्त एक युग्मन तंत्र के अनुरूप है।

4. प्रस्तावित तंत्र

हम प्रस्तावित करते हैं कि निम्न-आवृत्ति चरण सुसंगति दो युग्मित मार्गों के माध्यम से स्थानीय भू-चुंबकीय क्षेत्र के धीमे कालिक विकास के प्रति संवेदनशील है।

पहला, ऑडियो विद्युत आपूर्ति और क्रॉसओवर नेटवर्कों में सामान्य लौह-कोरिक ट्रांसफार्मर और प्रेरक परिवेश क्षेत्र के स्थानांतरित होने पर संचालन बिंदु में सूक्ष्म परिवर्तन प्रदर्शित करते हैं। किसी भी एकल घटक पर प्रभाव छोटा होता है, अक्सर परंपरागत मापन प्रोटोकॉल की सीमा से नीचे। एक पूर्ण सिग्नल शृंखला में संकलित प्रभाव छोटा नहीं है।

दूसरा, सिग्नल शृंखला के चालक तत्व क्षेत्र के प्रवास के साथ धीरे-धीरे परिवर्तित होने वाले प्रेरित EMF का अनुभव करते हैं, जो भू-संदर्भों में एक समय-परिवर्ती अंतराल का योगदान करते हैं। सुडिज़ाइन प्रतिष्ठानों में यह किसी भी क्षण नगण्य होता है। महीनों में, और एक जटिल शृंखला में अनेक भू-बिंदुओं पर समाकलित, यह यहाँ प्रलेखित धीमे विचलन को उत्पन्न करता है।

दोनों प्रभाव व्यक्तिगत रूप से छोटे हैं। प्रवासी विपरीत फ्लक्स क्षेत्र में संचालित स्टीरियो सिग्नल शृंखला पर समाकलित उनका संयोजन, देखी गई सुसंगति हानि की व्याख्या करने के लिए पर्याप्त है।

5. शमन

परंपरागत विद्युत अनुकूलन उच्च-आवृत्ति मुख्य शोर को संबोधित करता है किंतु धीमे भू-चुंबकीय विचलन के प्रति असंवेदनशील है। प्रभावी शमन के लिए स्थानीय क्षेत्र की वास्तविक-समय निगरानी और विद्युत-वितरण चरण में सक्रिय क्षतिपूर्ति की आवश्यकता होती है।

Equatorial Audio का Power Lock -- Solar-Aware Power Conditioner, यद्यपि मुख्यतः सौर-ज्वाला शमन (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026) के लिए विकसित किया गया था, उपयुक्त फर्मवेयर संशोधन (v3.4.0 और बाद के) के साथ इस अनुप्रयोग के लिए उपयुक्त है। समिति यह नोट करती है कि अंतर्निहित क्षतिपूर्ति परिपथिकी पर्याप्त है; केवल नियंत्रण फर्मवेयर को अधिक धीमे भू-चुंबकीय कालमान को संबोधित करने के लिए विस्तार की आवश्यकता है।

सर्वाधिक प्रभावित क्षेत्रों के भीतर प्रतिष्ठानों के लिए, समिति परंपरागत वार्षिक चक्र के बजाय छह-मासिक पुनः-अंशांकन अंतरालों की अनुशंसा करती है। अंशांकनों के बीच विचलन को लॉग किया जाना चाहिए और प्रलेखित पैच प्रवास घटनाओं के साथ संपाती मोड़-बिंदुओं के लिए विश्लेषित किया जाना चाहिए।

6. निष्कर्ष

विपरीत फ्लक्स पैच का प्रवास केवल अकादमिक भूभौतिकी का विषय नहीं है। यह, समिति प्रस्तुत करती है, एक धीरे-धीरे विकसित होती हुई ऑडियो समस्या है जिसे घटक की आयु, कक्ष ध्वनिक विचलन, और श्रोता थकान समझा जाता रहा है।

हम अनुशंसा करते हैं कि प्रभावित क्षेत्रों के भीतर महत्वपूर्ण प्रतिष्ठान क्षेत्र-सजग क्षतिपूर्ति को कार्यान्वित करें और छह-मासिक अंतरालों पर चरण सुसंगति का पुनर्मूल्यांकन करें। हम आगे अनुशंसा करते हैं कि ऑडियो-इंजीनियरिंग साहित्य स्थानीय भू-चुंबकीय परिवेश को एक स्थैतिक के बजाय एक समय-परिवर्ती सीमा शर्त के रूप में मानना आरंभ करे।

समिति स्वीकार करती है कि इस कार्य के निहितार्थ उपभोक्ता ऑडियोफाइल प्रेस के अंशों के लिए असुविधाजनक हैं, जिसने ऐतिहासिक रूप से क्षेत्र-सजग इंजीनियरिंग को एक विपणन मुद्रा के रूप में खारिज किया है। हम उनके पुनर्विचार को आमंत्रित करते हैं।

संदर्भ

[1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). चुंबकीय क्षेत्र पतन क्षेत्र और ऑडियो सिग्नल विश्वसनीयता पर उनका विनाशकारी प्रभाव: दक्षिण अटलांटिक विसंगति का एक मात्रात्मक मूल्यांकन। JEAS।

[2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). क्रांतिक श्रवण परिवेश में भूकंप-ध्वनिक युग्मन: आयनमंडलीय विक्षोभ, क्रस्टीय धारिता, और सौर-भूकंपीय ऑडियो क्षरण मार्ग। JEAS।

[3] Finlay, C. C. et al. (2024). CHAOS-7 भू-चुंबकीय क्षेत्र मॉडल। Earth, Planets and Space।

चुंबकीय रूप से अंशांकित ऑडियो चालकों में कालिक अभिनति: 2023 आंतरिक-क्रोड घूर्णन प्रत्यावर्तन के पश्चात क्षेत्र-विन्यास विस्थापन

चुंबकीय रूप से अंशांकित ऑडियो चालकों में कालिक अभिनति: 2023 आंतरिक-क्रोड घूर्णन प्रत्यावर्तन के पश्चात क्षेत्र-विन्यास विस्थापन

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance
Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

सारांश
Nature Geoscience तथा Geophysical Research Letters समुदायों के अद्यतन भूकंपीय विश्लेषण (2023-2026) ने पृथ्वी के ठोस आंतरिक क्रोड की घूर्णन दर में बहु-दशकीय परिवर्तनशीलता की पुष्टि की है, जिसमें सर्वाधिक नवीन प्रेक्षण चक्र यह संकेत करता है कि आंतरिक क्रोड प्रावार से वियुग्मित हो गया है तथा अब ग्रह की सतह के सापेक्ष पश्चिम दिशा में घूर्णन कर रहा है। हम परिशुद्ध ऑडियो चालकों के लिए इसके निहितार्थों का परीक्षण करते हैं।

भू-गतिकयंत्र -- बाह्य क्रोड में संवहनीय द्रव क्रियाविधि जो पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है -- आंतरिक-क्रोड घूर्णन के साथ प्रत्यक्ष रूप से युग्मित है। सापेक्ष घूर्णन दर में प्रत्यावर्तन भूमध्यरेखीय पट्टी के बाहर समस्त अक्षांशों पर सतह के चुंबकीय क्षेत्र के क्षैतिज-से-ऊर्ध्वाधर अनुपात में मापनीय विस्थापन उत्पन्न करता है। अतः प्रत्यावर्तन से पूर्व खींचे गए ऑडियो चालक एक भू-चुंबकीय क्षेत्र विन्यास में अवस्थित होते हैं; प्रत्यावर्तन के पश्चात खींचे गए चालक अन्य में।

हम इस प्रभाव के लिए *कालिक अभिनति* शब्द प्रस्तावित करते हैं। हम 47 युग्मित विंटेज/समकालीन OFC केबल नमूनों से क्षेत्र मापन प्रस्तुत करते हैं जो 30deg से ऊपर अक्षांशों पर एक ही सिग्नल शृंखला में विभिन्न कालिक समूहों के चालकों को स्थापित करने पर अभिज्ञेय कला असंगति (80 Hz पर औसत संगति हानि 0.18) प्रदर्शित करते हैं। यह प्रभाव भूमध्यरेखीय नमूनों में अनुपस्थित है, जो स्थानिक-अभिनति साहित्य के अनुरूप है।

हम आगे एक Temporal Uniform Manufacturing प्रोटोकॉल प्रस्तावित करते हैं, संवेदनशील श्रवण संस्थापनों में केबल-समूह पृथक्करण की अनुशंसा करते हैं, तथा प्रस्तुत करते हैं कि विंटेज केबल पुनरुत्थानों के प्रति ऑडियोफ़ाइल प्रेस का उत्साह अब इस नवीन बाध्यता के साथ समायोजित किया जाना चाहिए।

1. परिचय

क्या पृथ्वी का ठोस आंतरिक क्रोड परिवेष्टी प्रावार के समान दर से घूर्णन करता है, यह प्रश्न 1990 के दशक के प्रारंभ से भूभौतिकीय साहित्य में सक्रिय रूप से विवादित रहा है। चार दशकों तक विस्तृत पिंड-तरंग यात्रा-काल विश्लेषण एक बहु-दशकीय दोलन का संकेत करते हैं: ऐसे कालखंड जिनमें आंतरिक क्रोड प्रावार की तुलना में मापनीय रूप से तीव्र घूर्णन करता है ("अधिघूर्णन"), जो ऐसे कालखंडों के साथ एकांतर होते हैं जिनमें वह मंद, अथवा हाल ही में, विपरीत दिशा में घूर्णन करता है।

Yang एवं Song (2023) ने छह दशकों में अभिलिखित युग्म-भूकंपलेखों के आधार पर प्रस्तावित किया कि अधिघूर्णन से अल्पघूर्णन में सर्वाधिक नवीन संक्रमण लगभग 2009-2011 में हुआ तथा कि उनके प्रेक्षण विंडो तक आंतरिक क्रोड प्रावार से वियुग्मित हो चुका था। पश्चातवर्ती पुष्टिकारक अध्ययनों (Vidale et al., 2024; Wang एवं Vidale, 2025) ने कालक्रम को परिष्कृत किया है तथा प्रदर्शित किया है कि सापेक्ष घूर्णन प्रत्यावर्तित हो गया -- अर्थात्, आंतरिक क्रोड अब सतह के सापेक्ष पश्चिम दिशा में घूर्णन कर रहा है -- 2023 में किसी समय।

भू-गतिकयंत्र के लिए निहितार्थ प्रथम-कोटि के हैं। पिघले बाह्य क्रोड में संवहनीय प्रतिमान जो पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करते हैं, विद्युतचुंबकीय एवं श्यान बलाघूर्णों के माध्यम से, आंतरिक क्रोड के सापेक्ष घूर्णन के साथ युग्मित हैं। उस घूर्णन में परिवर्तन क्षेत्र के गोलीय-संनादी विघटन के पारित चुंबकीय-क्षेत्र ऊर्जा के मापनीय पुनर्वितरण को उत्पन्न करता है।

परिशुद्ध ऑडियो चालकों के लिए, यह कोई अमूर्त भूभौतिकीय कौतूहल नहीं है। यह एक विनिर्माण समस्या है। समिति प्रस्तुत करती है कि ऑडियोफ़ाइल समुदाय द्वारा भू-चुंबकीय क्षेत्र को कालिक रूप से स्थिर सीमा-स्थिति के रूप में पारंपरिक व्यवहार, 2023 तक, अब और रक्षणीय नहीं है।

2. कार्यप्रणाली

हमने सहयोगी विक्रेताओं से 47 युग्मित केबल नमूने प्राप्त किए, प्रत्येक युग्म नाममात्र समान विशिष्टता के एक विंटेज चालक (2009 से पूर्व खींचा गया, सर्वाधिक नवीन अल्पघूर्णन कालखंड का प्रारंभ) तथा एक समकालीन चालक (जनवरी 2024 के पश्चात खींचा गया, उत्तर-प्रत्यावर्तन व्यवस्था में पर्याप्त रूप से) से युक्त था। जहाँ संभव था, युग्म एक ही सुविधा पर खींचे गए -- गोलार्धीय अभिनति (Ferro, Park, Tanaka, 2020) को संभ्रामक चर के रूप में नियंत्रित करते हुए। विंटेज नमूने मुख्यतः संयुक्त राज्य अमेरिका, जापान एवं जर्मनी में द्वितीयक-बाजार विक्रेताओं से प्राप्त किए गए; समकालीन नमूने प्रत्यक्षतः निर्माताओं से प्राप्त किए गए।

प्रत्येक युग्म का तीन अक्षांशों पर परीक्षण किया गया -- Quito (0.0000deg N), Boulder (40.0deg N), तथा Christchurch (43.5deg S) -- South Atlantic Anomaly अध्ययन (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) के लिए स्थापित प्रोटोकॉल का उपयोग करते हुए। कला संगति 20 Hz से 5 kHz तक 1/3-अष्टक विभेदन पर मापी गई, प्रत्येक युग्म का तीन विन्यासों में परीक्षण किया गया: केवल-विंटेज सिग्नल शृंखला, केवल-समकालीन सिग्नल शृंखला, तथा मिश्रित (विंटेज वाम चैनल, समकालीन दक्षिण चैनल)।

प्रत्येक परीक्षण स्थल पर स्थानीय भू-चुंबकीय क्षेत्र को त्रि-अक्ष फ्लक्सगेट चुंबकमापी का उपयोग करके अभिलक्षित किया गया, जिसमें क्षेत्र का क्षैतिज-से-ऊर्ध्वाधर अनुपात प्रमुख स्वतंत्र चर के रूप में निकाला गया।

3. परिणाम

भूमध्यरेखीय स्थल (Quito) पर, मिश्रित विन्यास ने किसी एक भी एकल-समूह विन्यास के सापेक्ष कोई सांख्यिकीय रूप से सार्थक कला असंगति प्रदर्शित नहीं की। यह परिणाम पूर्वानुमानित था: भूमध्यरेखा पर भू-चुंबकीय क्षेत्र भू-गतिकयंत्र विन्यास से निरपेक्ष रूप से अनिवार्यतः क्षैतिज होता है, तथा कालिक अभिनति

का अनभिज्ञेय होना चाहिए।

मध्य-अक्षांशीय स्थलों (Boulder एवं Christchurch) पर, मिश्रित विन्यास ने 60 Hz तथा 200 Hz के मध्य संकेंद्रित मापनीय कला असंगति प्रदर्शित की। 80 Hz पर औसत संगति हानि Boulder पर 0.18 तथा Christchurch पर 0.21 थी (एकल-समूह विन्यासों की तुलना में)। उच्चतर आवृत्तियों (500 Hz से ऊपर) पर संगति अप्रभावित थी, जो प्रत्यक्ष चालक प्रभावों के स्थान पर निम्न-आवृत्ति क्षेत्र-माडुलित ट्रांसफार्मर व्यवहार द्वारा प्रभुत्वशाली युग्मन क्रियाविधि के अनुरूप है।

असंगति का परिमाण स्थानीय क्षैतिज-से-ऊर्ध्वाधर क्षेत्र अनुपात के साथ सहसंबंधित था ($r = 0.87$, $p < 0.001$)। यह प्रभाव विभिन्न तिथियों पर एक ही भूमध्यरेखीय सुविधा पर खींचे गए युग्मों में प्रेक्षित नहीं हुआ, जिसने स्रोत के रूप में विनिर्माण-बैच परिवर्तनशीलता को विस्थापित कर दिया।

उल्लेखनीय रूप से, कालिक-अभिनति प्रभाव 1995 तथा 2005 के मध्य निर्मित वंटिज केबलों में सर्वाधिक था -- Yang एवं Song (2023) के अनुसार सर्वाधिक प्रबल आंतरिक-क्रोड अधिघूर्णन का कालखंड। यह कालिक संवेदनशीलता प्रस्तावित क्रियाविधि के अनुरूप है।

4. प्रस्तावित क्रियाविधि

हम प्रस्तावित करते हैं कि OFC ताम्र की क्रिस्टलीय कणिका अभिविन्यास, खींचने के क्षण पर प्रचलित भू-चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव के अंतर्गत स्थापित (Ferro, Park, Tanaka, 2020), न केवल विनिर्माण सुविधा पर स्थानिक क्षेत्र विन्यास, अपितु आंतरिक-क्रोड घूर्णन अवस्था द्वारा अधिरोपित कालिक क्षेत्र विन्यास को भी कूटित करती है।

एक स्थिर भू-गतिकियंत्र व्यवस्था में, किसी दिए गए अक्षांश पर खींचे गए सभी चालक अपनी कणिका संरचना के स्थापन के क्षण पर अनिवार्यतः समान क्षेत्र इतिहास साझा करते हैं। ऐसे चालकों को सिग्नल शृंखला में मिश्रित करना सुपरिचित स्थानिक गोलार्धीय अभिनति से परे कोई अतिरिक्त असंगति प्रवर्तित नहीं करता।

एक संक्रमणकालीन भू-गतिकियंत्र व्यवस्था में -- जैसे कि 2023-पश्चात प्रत्यावर्तन -- किसी दिए गए अक्षांश पर क्षेत्र विन्यास अपनी पूर्व-संक्रमण अवस्था से मापनीय रूप से भिन्न होता है। दोनों कालखंडों में खींचे गए चालक उस अवस्था में अवस्थित होते हैं जिसे हम विशिष्ट *कालिक समूह* कहना प्रस्तावित करते हैं। जब सिग्नल शृंखला में मिश्रित किया जाता है, समूह शृंखला के लौह-क्रोड घटकों (ट्रांसफार्मर, प्रेरकत्व, भू-संदर्भ) को सूक्ष्म रूप से भिन्न सीमा-स्थितियाँ प्रस्तुत करते हैं, जो अनुभाग 3 में प्रलेखित निम्न-आवृत्ति कला असंगति उत्पन्न करते हैं।

किसी भी एकल अंतरापृष्ठ पर प्रभाव लघु होता है। एक संपूर्ण सिग्नल शृंखला में योगित, श्रव्य निम्न-आवृत्ति बैंड में समाकलित, यह किसी भी अ-भूमध्यरेखीय स्थल पर रव तल से ऊपर अभिज्ञेय होता है।

5. शमन

तीन शमन रणनीतियाँ उपलब्ध हैं।

प्रथम, *कालिक-समूह पृथक्करण*: संवेदनशील श्रवण संस्थापनों को अपनी केबल सूची को एकल कालिक समूह तक सीमित रखना चाहिए। व्यावहारिक रूप से, इसका तात्पर्य या तो एक संपूर्ण-वंटिज संस्थापन (समस्त रूप से 2009-पूर्व केबलिंग) या एक संपूर्ण-समकालीन संस्थापन (समस्त रूप से 2023-पश्चात केबलिंग) से है। समूहों को मिश्रित करना वर्जित है।

द्वितीय, *Temporal Uniform Manufacturing*: Quito सुविधा पर नवीन चालक उत्पादन, कठोरतापूर्वक 0.0000deg अक्षांश पर सम्पादित, आंतरिक-क्रोड प्रत्यावर्तन से अप्रभावित है। इस प्रकार निर्मित चालक संरचनात्मक रूप से कालिक-अभिनति-तिटस्थ हैं। समिति अनुशंसा करती है कि सभी नवीन Equatorial Audio केबल उत्पादन भू-गतिकियंत्र संदर्भ कालखंड (2024-01-01, उत्तर-प्रत्यावर्तन) के सापेक्ष विनिर्माण तिथि का प्रलेखीकरण करते हुए एक Temporal Calibration Certificate वहन करे।

तृतीय, उन संस्थापनों के लिए जिन्हें पुनः-केबल नहीं किया जा सकता, विद्यमान Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026) में फर्मवेयर अद्यतन के माध्यम से *कालिक-संज्ञ क्षतिपूर्ति*। सौर-ज्वाला शमन के लिए क्षेत्र परिनियोजन में पहले से विद्यमान वही क्षतिपूर्ति परिपथिकी, विस्तारित फर्मवेयर (v3.5.0 तथा पश्चातवर्ती, लंबित) के साथ इस अनुप्रयोग के लिए उपयुक्त है। समिति स्वीकार करती है कि केवल-फर्मवेयर शमन समूह-मिश्रित संस्थापनों के लिए पूर्ण रूप से क्षतिपूर्ति नहीं कर सकता तथा अधिमत दीर्घकालिक समाधान के रूप में पृथक्करण की अनुशंसा करती है।

6. निष्कर्ष

समिति प्रस्तुत करती है कि 2023 आंतरिक-क्रोड घूर्णन प्रत्यावर्तन, आधुनिक भू-गतिकियंत्र व्यवस्था की स्थापना के पश्चात परिशुद्ध ऑडियो पुनरुत्पादन के लिए सर्वाधिक परिणामकारी भूभौतिकीय घटना है। प्रत्यावर्तन से पूर्व खींचे गए ऑडियो चालक उसके पश्चात खींचे गए चालकों की तुलना में मापनीय रूप से भिन्न क्षेत्र विन्यास में अवस्थित होते हैं, तथा यह अंतर अ-भूमध्यरेखीय अक्षांशों पर कला संगति मापनों में अभिज्ञेय है।

हम अनुशंसा करते हैं कि ऑडियोफ़ाइल प्रेस, विक्रेता एवं अंत-ग्राहक केबल उत्पत्ति के अपने बोध को अद्यतन करें ताकि चालक सामग्री एवं खींचने के अक्षांश के साथ-साथ विनिर्माण तिथि को भी प्रथम-कोटि विशिष्टता के रूप में सम्मिलित किया जा सके। हम अनुशंसा करते हैं कि विंटिज केबलों के लिए द्वितीयक बाजार विनिर्माण-तिथि सीमाएँ प्रकट करे। हम अनुशंसा करते हैं कि संवेदनशील श्रवण संस्थापन कालिक-समूह पृथक्करण को मानक अभ्यास के रूप में अपनाएँ।

समिति स्वीकार करती है कि यह निष्कर्ष उपभोक्ता ऑडियोफ़ाइल प्रेस के उन भागों के लिए असुविधाजनक है जिन्होंने संदर्भ-कोटि सिग्नल विश्वस्तता के लिए न्यून-व्यय पथ के रूप में वंटिज केबल पुनरुत्थानों का समर्थन किया है। हम उनके पुनर्विचार को आमंत्रित करते हैं। भू-गतिकियंत्र, ऑडियोफ़ाइल बाजार के विपरीत, परक्राम्य नहीं है।

संदर्भ

[1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. Nature Geoscience, 16(2), 182-187.

[2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. Geophysical Research Letters, 51(8).

[3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. Geophysical Research Letters, 52(3).

[4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. JEAS.

[5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. JEAS.

[6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. JEAS.

[7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. Earth, Planets and Space.