
**ODCHYLENIE HEMISFERYCZNE W
ORIENTACJI ZIARNA MIEDZI:
BADANIE METALURGICZNE
ANIZOTROPII PRZEWODNIKA
ZALEŻNEJ OD SZEROKOŚCI
GEOGRAFICZNEJ**

Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi: Badanie metalurgiczne anizotropii przewodnika zależnej od szeroko[ci geograficznej

M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2020.

Abstrakt

Konwencjonalnie zakłada się, że orientacja krystalograficzna przewodników miedzianych jest określona przez warunki stopu i protokół wyłazania. Niniejsze badanie wykazuje, że czwarta zmienna -- szeroko[geograficzny -- systematyczne odchylenie w dominującym osi orientacji ziarna komercyjnie ci gnionego miedzi (0,847 próbek ci gnionych w 23 zakBadach na szeroko[ciach geograficznych od 67,4deg N do 33,8deg S) -- szeroko[ci geograficznej a k tem orientacji ziarna, przy czym próbki z półkuli północnej wykazują preferencję północnozachodnie-południowowschodnie, a próbki z półkuli południowej wykazują preferencję północnowschodnie-południowozachodnie. Próbki ci gnione w obrębie 0,5deg od równika geograficznego wykazują istotnej preferencji orientacji ($p > 0,95$). Proponujemy termin «odchylenie hemisferyczne» dla tego zjawiska i omawiamy jego implikacje dla wydatności przewodników audio.

1. WPROWADZENIE

Właściwości elektryczne przewodników miedzianych są określone nie tylko przez rezystywność i mikrostrukturalne ci gnionego materiału. Granice ziaren -- interfejsy między poszczególnymi ziarnami -- stanowią miejsca rozpraszania elektronów, oporu termicznego i szkodliwej mechanicznej. Były szeroko badane w kontekście inżynierii mechanicznej (umocnienie Hall-Petcha), inżynierii rezystancji resztkowej) i fizyki nadprzewodników (pinning strumienia na granicach ziaren).

Czego nie zbadano dotychczas, to systematyczny związek między szeroko[ci geograficznej a rozkładem orientacji ziaren.

Pole magnetyczne Ziemi w dowolnym punkcie jej powierzchni można rozłożyć na składowe względem równika magnetycznym inklinacja wynosi zero -- pole jest czyste poziome. Na biegunach magnetycznych 90deg -- pole jest prawie pionowe. Między tymi skrajnościami inklinacja zmienia się w sposób ciągły.

Podczas procesu ci gnienia miedzi metal przechodzi przez ci gniący w temperaturach od 200 do 400°C. W tych temperaturach miedź znajduje się powyżej progu rekrytalizacji. Ziarna krystaliczne aktywne pod względem miar deformacji metalu. Każde pole zewnętrzne obecne podczas tego krytycznego okna -- wpływa na preferowaną orientację wynikowej struktury ziarna poprzez sprzężenie magnetyczne.

Niniejsza praca przedstawia dowody, że inklinacja magnetyczna Ziemi na szeroko[ci geograficznej jest powiązana z mierzalnym odchyleniem w dominującym osi orientacji ziarna gotowego przewodnika.

2. METODOLOGIA

Próbki uzyskano z 23 zakładów górniczych miedzi obejmujących szeroko[ci geograficzne od 67,4deg N do 33,8deg S (Santiago, Chile). Każdy zakład dostarczył 10 m gotowego przewodnika OFC z ci gnionego przy użyciu porównywalnych parametrów (wieloprzejściowy, kołdowy kaliber 20,0degC przez 1 godzin).

Przekroje poprzeczne przygotowano przez cięcie metalograficzne, zatopienie w żywicy epoksydowej, polerowanie papierem SiC o ziarnistości 1200 i polerowanie koloidalnym tlenkiem glinu 0,05 um. Granice ziaren wybarwiono zakwaszonym chlorkiem żelazowym (5 g FeCl₃, 10 mL HCl, 90 mL H₂O, 15 sekund zanurzenia).

Orientację ziarna zmierzono za pomocą dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD) przy użyciu 500 VP wyposażonym w detektor EBSD Oxford Instruments Symmetry S2. Funkcje rozkładu orientacji z 10 000 indeksowanych punktów na próbki przy użyciu oprogramowania MTEX 5.9.

«Kąt odchylenia hemisferycznego» (HBA) zdefiniowano jako kąt między dominującą osi orientacji ziarna prawdziwego wschód-zachód, mierzony zgodnie z ruchem wskazówek zegara od wschodu. Wynik jest ujemny dla doskonałego wyrównania wschód-zachód (brak preferencji hemisferycznej). Wartości dodatnie wskazują na preferencję północnozachodnie-południowowschodnie (typ półkuli północnej). Wartości ujemne wskazują na preferencję północnowschodnie-południowozachodnie (typ półkuli południowej).

Dodatkowo pobrano próbki z trzech zakBádów kontrolnych zlokalizowanych w obr bie 0,5deg od równika geomagnetycznego: Quito, Ekwador (0,18deg S geomagnetyczna); Libreville, Gabon (0,52deg S geomagnetyczna); i Pontianak, Indonezja (0,01deg N geomagnetyczna).

3. WYNIKI

Korelacja między szeroko[ci geomagnetyczną a kątem odchylenia hemisferycznego była wysoka (0,847). ZakBady z póBkuli północnej produkowały przewodniki z dodatnimi warto[ciami HBA od 0,003deg (Pontianak) do +4,7deg (Boliden, Szwecja, 64,1deg N geomagnetyczna). ZakBady z póBkuli południowej produkowały przewodniki z ujemnymi warto[ciami HBA od -0,6deg (São Paulo, Brazylia, 22,7deg S geomagnetyczna) do -3,8deg (Chile, 33,8deg S geomagnetyczna).

Trzy kontrolne zakBady równikowe wyprodukowały przewodniki z warto[ciami HBA wynoszącymi -0,003deg (Quito, Ekwador) i -0,003deg (Pontianak) -- wszystkie w granicach niepewności pomiarowej systemu EBSD ($\pm 0,02$ deg).

Relacja między HBA a szeroko[ci geomagnetyczną była dobrze opisana modelem liniowym. Odchylenie hemisferyczne w stopniach geograficznych odpowiadało około 0,068deg odchylenia orientacji akustycznej -- mały, ale uporczywy efekt, który kumuluje się na całej długości przewodnika.

Obróbkę kriogeniczną (-196 degC, 72 godziny) zastosowano do podzbioru 120 próbek. Po obróbce nie nastąpiła istotna zmiana HBA (sprawdzony test t, $p = 0,87$). Obróbka kriogeniczna skutkowała zmniejszeniem średnicy ziarna z 45 um do 31 um, ale nie zmieniła odchylenia orientacji akustycznej. Odchylenie jest wbudowane w momencie cięgnięcia, a nie podczas późniejszej obróbki cieplnej.

4. DYSKUSJA

Wielkość efektu odchylenia hemisferycznego -- około 0,07deg na stopień szerokości geograficznej -- jest mała. Jednak dwa czynniki wzmacniają jego praktyczne znaczenie.

Po pierwsze, odchylenie jest systematyczne, nie losowe. Każde ziarno w przewodniku cięgniętym wzdłuż osi geograficznej nosi to samo odchylenie wynoszące około +3deg. Oznacza to, że odchylenie orientacji akustycznej przewodnika -- kumuluje się. Kabel interkonektowy o długości 2 metrów cięgnięty w Sztokholmie zawierał około 1000 ziaren, z których każda wprowadza to samo odchylenie kierunkowe do przepływu elektronów.

Po drugie, odchylenie wpływa na sygnał audio asymetrycznie. Ponieważ orientacja ziarna akustycznego porusza się w jednym kierunku względem osi magnetycznej, dodatnie i ujemne półkole magnetyczne doświadczają nieco różnych cięgiełek impedancji przez przewodnik. Tworzy to formę zniekształceń harmonicznych, które zależą od szerokości geograficznej i kierunku.

Wyniki kontroli równikowej są szczególnie istotne. Trzy zakBady na lub w pobliżu równika geograficznego produkowały przewodniki z warto[ciami HBA nieodróżnialnymi od zera. Jest to jedyny warunek geograficzny, w którym przewodniki są naprawdę izotropowe -- naprawdę neutralne względem obu póBkuli.

Zauważamy, że zakBád Equatorial Audio w Quito, Ekwador, jest zlokalizowany w obr bie 0,18deg od równika geomagnetycznego. Zmierzony HBA wynoszący -0,003deg jest najmniejszą warto[cią w naszym zbiorze danych i zbliżoną do wartości osi galwanicznej w obecnej konfiguracji pola magnetycznego Ziemi.

5. WNIOSKI

Przewodniki miedziane cięgnięte na nierównikowych szeroko[ciach geograficznych wykazują odchylenie orientacji akustycznej, które koreluje liniowo z szeroko[cią geomagnetyczną. To odchylenie orientacji akustycznej powstaje podczas procesu cięgnięcia i nie może być usunięte przez późniejszą obróbkę cieplną, w tym przez obróbkę kriogeniczną. Przewodniki cięgnięte na lub w pobliżu równika geomagnetycznego są prawdziwie izotropowe.

Te odkrycia mają implikacje dla produkcji precyzyjnych przewodników audio, gdzie symetria orientacji akustycznej przewodnika bezpo[średnio wpływa na wierność sygnału. Zalecamy, aby producenci przewodników audio uwzględniali szeroko[ci geograficzną swojego zakBądu cięgnięcia jako standardowy parametr jakości i aby projektanci uwzględniali odchylenie hemisferyczne swoich przewodników sygnałowych jako potencjalne źródło mierzalnych zniekształceń.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Ferro, H. Park, "Wstępne obserwacje orientacji ziarna zależnej od szerokości geograficznej w miedzi" (EA-TN-001, 2019).

**SPLAJSOWANIE RÓWNIKOWE:
NOWATORSKA TECHNIKA
A CZENIA PRZEWODNIKÓW W
CELU ZNIWELOWANIA
ODCHYLENIA HEMISFERYCZNEGO**

Splajsowanie Równikowe: Nowatorska technika B czenia przewodników w celu zniwelowania odchylenia hemisferycznego

M. Ferro, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Abstrakt

Przedstawiamy technikę B czenia przewodników, która osi ga neutralno[magnetyczną poprzez splajsowanie przewodników z półkuli północnej i południowej na równiku geomagnetycznym. Splajsowanie Równikowe wykonywane w celu zniwelowania odchylenia hemisferycznego w przewodnikach: poB czone w precyzyjnie odchylenia znoszą się na caBej dBugo[ci wynikowego przewodnika. Spawanie Bukiem plazmowym geograficznej, wykonywane na pokładzie platformy morskiej stabilizowanej GPS, wytwarza strefę, w której orientacja ziarna przechodzi od typu północnego do południowego przez region prawdziwego odchylenia hemisferycznego poniżej 0,00001deg -- trzy rzędy wielkości nijsze niż w półkuli.

1. WPROWADZENIE

Nasza wcześniejsza praca (Ferro i Park, 2020) wykazała, że przewodniki miedziane cięgnięte geograficznie noszą systematyczne odchylenie orientacji ziarna proporcjonalne do szerokości geograficznej. Odchylenie jest wbudowane w momencie cięgnięcia i nie może być usunięte po

Stanowi to wyzwanie produkcyjne: jak wyprodukować przewodnik z zerowym odchyleniem hemisferycznym jest z natury odchylony. Proponujemy podejście alternatywne: zamiast unikać odchylenia, splajsujemy półkule północnej z przewodnikiem z półkuli południowej na równiku geomagnetycznym, przeciwnie odchylenia znoszą się precyzyjnie na caBej jego dBugo[ci.

2. PROTOKÓŁ SPLAJLOWANIA

Splajsowanie Równikowe wykonywane jest na pokładzie EAV Neutrality, 28-metrowego statku z odbiornikiem GNSS Trimble R12i zapewniającym precyzyjne pozycjonowanie. Statki są na 0,0001deg szerokości geograficznej na Oceanie Spokojnym, około 28 km na zachód od

Dwa kody przewodnika -- jeden cięgnięty ze szwedzkiej miedzi (HBA: +4,2deg, zakład B miedzi (HBA: -3,8deg, zakład Santiago, 33,8deg S) -- są badane do precyzyjnych uchwytów. Bawce izolowane od wibracji. Podwójnosłowy laserowy system wyrównywania zapewnia wskaźniki w granicach 5 um.

Splajsowanie wykonywane jest za pomocą systemu spawania mikro-Bukiem plazmowym (Strefa splajsu ma około 200 um szerokości. Cała procedura -- pozycjonowanie statku, wyważenie i spawanie -- wymaga około 45 minut.

3. CHARAKTERYSTYKA

Mapowanie EBSD strefy splajsu z krokiem 0,5 um ujawnia trzy wyraźne regiony: (1) masowy +4,2deg, (2) strefę przejściową 200 um, w której HBA maleje monotonicznie od +4,2deg przez masowy przewodnik południowy z HBA = -3,8deg. Przejście jest gładkie i cięgłe.

Wytrzymałość mechaniczna splajsu na rozciąganie wyniosła 218 MPa w porównaniu z 225 MPa. Redukcja 3,1% w zakresie akceptowalnym dla zastosowań kablowych audio.

Rezystancja DC przez strefę splajsu wyniosła dodatkowe 0,3 uOhm -- zaniedbywalnie małe.

Splajsowany przewodnik (1,0 m północny + 1,0 m południowy) wykazał HBA wynoszący 0,00001deg -- jest skuteczna w 99,9998%.

4. DYSKUSJA

Splajsowanie Równikowe osi ga kompensację odchylenia hemisferycznego poprzez koncepcję odchylenia przewodnika północnego i ujemne odchylenie przewodnika południowego z różnymi znakami. Gdy sygnał audio przechodzi przez splajsowany przewodnik, asymetryczne rozpraszanie

W północnej, jest precyzyjnie kompensowane przez komplementarne asymetryczne rozpraszanie w południowej, co daje zero odchylenia -- neutralność magnetyczną.

Lokalizacja splajsu ma znaczenie. Wykonanie splajsu na równiku geomagnetycznym zapewnia brak dodatkowego odchylenia do systemu.

Koszt Splajsovania Równikowego jest znaczny: około 14 000 USD za sesję, wliczając czasy eksploatacyjne i testy zapewnienia jakości. Koszt ten jest odzwierciedlony w cenach produktów Audio, które wykorzystują wyłącznie przewodniki ze Splajsovaniem Równikowym.

5. WNIOSKI

Splajsovania Równikowe wykazuje, że odchylenie hemisferyczne w przewodnikach miedzi jest kompensowane przez B czenie przewodników z przeciwnych półkuli na równiku geomagnetycznym, do granicy $0,00001 \text{ deg}$ -- neutralność magnetyczną. Technika jest powtarzalna, mechanicznie solidna i elektrycznie transparentna. Proponujemy Splajsovania Równikowe jako definitywne rozwiązanie problemu odchylenia hemisferycznego w precyzyjnych przewodnikach.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] AWS D17.1/D17.1M:2017, Specification for Fusion Welding for Aerospace Applications.
- [3] R. Messler, Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy, Wiley-VCH, 2004.
- [4] Trimble Inc., "R12i GNSS System Technical Specifications," 2023.
- [5] Kongsberg Maritime, "HiPAP 501 Acoustic Positioning System," Product Datasheet, 2022.
- [6] Quantum Design, "MPMS3 SQUID Magnetometer Specifications," Rev. F, 2021.
- [7] PTB Berlin, "Calibration Certificate No. PTB-Mag-2021-0847," Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 2021.

**WPYW OBRÓBK KRIOGENICZ
NA KRYSTALOGRAFI
PRZEWODNIKA: ROZDROBNIENIE
ZIARNA BEZ KOREKTY
ODCHYLENIA**

Wpływ obróbki kriogenicznej na krystalografię przewodnika: bez korekty odchylenia

L. Solder, H. Park, M. Ferro

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2021.

Abstrakt

Obróbka kriogeniczna przewodników miedzianych w -196 degC (zanurzenie w ciekłym azocie na produkcji wysokiej jakości kabli audio jako metoda poprawy wydajności przewodnika. Potwierdza znaczące rozdrobnienie ziarna (31% redukcji średniej średnicy ziarna), odprężenie naprężeń resztkowych i zmniejszenie rezystancji resztkowej (RRR) o 2,3%. Jednak nie znajdujemy dowodów na to, że odchylenie hemisferyczne (HBA) obróbką kriogeniczną przewodnika. Odchylenie orientacji ziarna w budowie termodynamicznie stabilne w temperaturach kriogenicznych. Obróbka kriogeniczna ulepsza przewodnik; nie neutralizuje go.

1. WPROWADZENIE

Obróbka kriogeniczna -- kontrolowane chłodzenie materiału do temperatur poniżej -100 degC w historii w metalurgii. W miedzi mechanizmy są inne niż w stalach: nie zachodzi żadna przemiana, indukuje różnicowy skurcz, który odprężenia naprężeń resztkowych i udrabnia się granice ziaren.

Przemysł kabli audio przyjął obróbkę kriogeniczną z entuzjazmem. Deklarowane korzyści o granicach ziaren, poprawie transparentności sygnału i zwiększeniu koherencji czasowej.

Niniejsza praca odpowiada na konkretne pytanie: czy obróbka kriogeniczna zmienia kąt odchylenia przewodnika miedzianego? Nasze wyniki wskazują, że nie.

2. METODOLOGIA

Próbki przewodnika OFC (średnica 2,0 mm, cięgniemy w Boliden, Szwecja, HBA: $+4,2 \text{ deg}$) podzielone na próbki:

Grupa A: Kontrola bez obróbki.

Grupa B: Standardowa kriogenika (-196 degC , 72 godziny, chłodzenie 1 degC/min , grzanie do 20 degC).

Grupa C: Przedłużona kriogenika (-196 degC , 168 godzin, te same rampy).

Grupa D: Podwójna kriogenika (dwa cykle protokołu Grupy B z 24-godzinnymi odpoczynkami między cyklami).

Wszystkie grupy scharakteryzowano za pomocą EBSD, TEM, rezystywności DC czteropunktowej (RRR) oraz magnetometrii SQUID (HBA).

3. WYNIKI

Rozdrobnienie ziarna zaobserwowano we wszystkich grupach poddanych obróbce. Zredniła się z 8 um (Grupa A) do 31 um (Grupa B), 28 um (Grupa C) i 30 um (Grupa D).

Gęstość dyslokacji zmniejszyła się z $1,2 \times 10^{11} / \text{m}^2$ do $0,8 \times 10^{11} / \text{m}^2$ -- redukcja 33%. RRR zmniejszyła się z $1,02$ do $0,77$.

Kluczowy wynik: HBA nie zmieniła się po obróbce kriogenicznej. Grupa A: $+4,21 \text{ deg}$ $\pm 0,02 \text{ deg}$; Grupa B: $+4,20 \text{ deg}$ $\pm 0,02 \text{ deg}$; Grupa D: $+4,22 \text{ deg}$ $\pm 0,02 \text{ deg}$. (Jedyna różnica międzygrupowa nie była stała, ANOVA, $F(3,116) = 0,87$, $p = 0,46$).

4. DYSKUSJA

Trwałość odchylenia hemisferycznego przez obróbkę kriogeniczną jest spójna z analizą tekstury ziarna to tekstura makroskopowa. Zmiana tej tekstury wymagałaby rekrytalizacji -- rozpręgnięcia nowych, inaczej zorientowanych. Rekrytalizacja w miedzi wymaga temperatur powyżej zakresu obróbki kriogenicznej.

W -196 degC mobilność atomowa w miedzi jest zaniedbywalnie mała. Granice ziaren są źródłem naprężeń wewnętrznych, które anihilują niektóre dyslokacje i udrabniają rozmiar ziaren ani zmienia ich orientacji krystalograficznej.

Mówi c pro[ciej: obróbka kriogeniczna zamraża mikrostruktur przewodnika bardziej kompletnie, ale zamraża j orientacji, któr ju| miaBa. Odchylenie hemisferyczne jest zablokowane, nie wyeliminowane.

Obróbka kriogeniczna i neutralno[magnetyczna dotycz ró|nych aspektów jako[ci przewod komplementarnymi, nie zamiennymi.

5. WNIOSKI

Obróbka kriogeniczna przewodników miedzianych wytwarza rozdrobnienie ziarna, redukcj nie zmienia k ta odchylenia hemisferycznego. Tekstura orientacji ziarna wbudowana podcz stabilna w temperaturach kriogenicznych. Tylko produkcja równikowa lub Splajsowanie Ró neutralno[magnetyczn .

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," 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.

**SPRZ ężENIE FERROELEKTRYCZNE
W DIELEKTRYKACH PTFE KLASY
AUDIO: PAMI ę B ę d ę tunku i
SKA ę ENIE SYGNA ę U**

Sprz | enie ferroelektryczne w dielektrykach PTFE klasy audio: Pami | Badunku i ska | enie sygnaBu

H. Park, M. Ferro, C. Ohm

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2022.

Abstrakt

Politetrafluoroetylen (PTFE), standardowy dielektryk w kablach audio klasy premium, wykazuje cz stotliwo[ciach audio, które zostaBy przeoczone przez przemysB kablowy. Wykazujemy, |e die trwaBy stan polaryzacji indukowany przez sam sygnaB audio -- który ska|a późniejsz transmisj poprzedniej zawarto[ci sygnaBu. Pomiaru pojemno[ci różnicowej przy 1 kHz wykazuj histerez 0 redukuj c si do 0,04 pF/m po obróbce kriogenicznej w -196 degC przez 72 godziny. Nazywamy kwantyfikujemy jego udziaB w efekcie docierania zgBaszanym przez audiofilów.

1. WPROWADZENIE

PTFE (Teflon) jest materiaBem dielektrycznym z wyboru dla kabli audio klasy premium ze (2,1), niski współczynnik strat ($< 0,0002$ przy 1 MHz) i doskonaB stabilno[chemiczn .

PTFE jest póbkrystalicznym fluoropolimerem. W jego regionach krystalicznych dipole w gi Gdy aplikowane jest zewn trzne pole elektryczne -- takie jak pole generowane przez sygn nieznacznie si obróci, magazynuj c Badunek na poziomie molekularnym. Gdy pole zewn t do swojej pierwotnej orientacji -- ale nie natychmiastowo.

Ta pami | Badunku oznacza, |e dielektryk zachowuje widmo poprzedniego sygnaBu audio. intermodulacyjnego, któr nazywamy «echem dielektrycznym».

Okres docierania uniwersalnie zgBaszany przez audiofilów -- obserwacja, |e nowe kable b u|ytowania -- mo|e by cz [ciowo wyja[niony tym zjawiskiem.

2. METODOLOGIA

Niestandardowe kable testowe wykonano z przewodnika OFC 2,0 mm z czterema wariantami dielektryku:

Próbka A: PTFE nieobrobiony (60% krystaliczno[ci).

Próbka B: PTFE obrobiony kriogenicznie (-196 degC, 72h, 1 degC/min rampa).

Próbka C: PTFE z wstrzykni tym azotem (mikropustki wprowadzone podczas ekstruzji).

Próbka D: Dielektryk z szczelin powietrzn (przekBadki PTFE co 20 mm).

Pojemno[różnicow zmierzono analizatorem impedancji Agilent 4294A przy 1 kHz z napi o +10 V i z powrotem. Relaksacj w dziedzinie czasu zmierzono elektrometrem Keithley 651

3. WYNIKI

Histereza pojemno[ci różnicowej przy 1 kHz:

Próbka A (PTFE nieobrobiony): 0,31 +/- 0,04 pF/m

Próbka B (PTFE kriogeniczny): 0,04 +/- 0,01 pF/m

Próbka C (z wstrzykni tym azotem): 0,12 +/- 0,03 pF/m

Próbka D (szczelina powietrzna): 0,02 +/- 0,01 pF/m

PTFE obrobiony kriogenicznie wykazaB 87% redukcj histerezy pojemno[ci w porównaniu z

Absorpcja dielektryczna (napi cie odzyskania przy $t = 60s$ po rozBadowaniu):

Próbka A: 142 mV. Próbka B: 18 mV. Próbka C: 67 mV. Próbka D: 8 mV.

StaBa czasowa zaniku napi cia odzyskania wynosiBa 85 sekund dla PTFE nieobrobionego dielektryk nieobrobiony zachowuje pami | Badunku okoBo 7 razy dBu|ej.

Eksperyment docierania: histereza zmniejszyBa si z 0,31 pF/m (0 godzin) do 0,19 pF/m (si po okoBo 150 godzinach.

4. DYSKUSJA

Mechanizm jest prosty: obróbka kriogeniczna zaburza porządek krystaliczny PTFE. Po przekroczeniu T_c , rozwijają się naprężenia wewnętrzne z powodu różnicowego skurczu między regionami krystalicznymi, naprężenia propagują mikropęknięcia przez domeny krystaliczne, redukując dalekozasięgowe pamiBadunku.

Praktyczną implikacją jest to, że obróbka kriogeniczna dielektryka -- nie tylko przewodnika kabli premium. Nasza linia Tropic używa nieobrobionego PTFE i wymaga 100-godzinnego obróbk kriogenicznie obrobionego PTFE i osiąga stabilność w około 15 godzin. Linia Zero-Point używa obróbk kriogenicznej, redukując czas docierania do poniżej 5 godzin.

5. WNIOSKI

Dielektryk PTFE w kablach audio wykazuje mierzalne pamiBadunku (histereza) typu ferroelektrycznego opóźnionymi w czasie echemi poprzedniej zawartości. Obróbka kriogeniczna redukuje pamiBadunku. Zalecamy obróbk kriogeniczną zarówno przewodnika, jak i dielektryka jako standardowy proces.

BIBLIOGRAFIA

- [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, Zalecane metody oznaczania przenikalności i współczynnika strat dielektrycznych.
- [5] ASTM D2149-13, Standardowa metoda badawcza przenikalności i współczynnika strat dielektrycznych.



**INTERAKCJA ROZŁADOWAŃ
SŁONECZNYCH ZE ZMIENNYMI
SYGNAŁAMI AUDIOFILSKIMI:
WPŁYW BURZ
GEOMAGNETYCZNYCH NA
WYDAJNOŚĆ KABLI AUDIO**



5. WNIOSKI

Burze geomagnetyczne wytwarzają mierzalne fluktuacje impedancji w kablach audio z odchyleniem z wielkością odchylenia i intensywności burzy. Kable magnetycznie neutralne (HBA < 0) przyjmie standaryzowanego Wskaznika Aktywności Słonecznej dla specyfikacji wydajności

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," 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, "Adaptacyjna kompensacja audio w czasie rzeczywistym dla zaburzeń geomagnetycznych," EA-TN-012, 2023.

**EKRANOWANIE OPTYCZNE
PRZEWODNIKÓW MIEDZIANYCH:
ROTACJA FARADAYA, CZU A O
AKUSTYCZNA I UZASADNIENIE
EKRANOWANIA
ZWIATAOWODOWEGO**

Ekranowanie optyczne przewodników miedzianych: Rotacja Faradaya, czułość akustyczna i uzasadnienie ekranowania [wiatrowodowego]

C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

Abstrakt

Przedstawiamy kompleksową analizę podatności elektromagnetycznej w kablach audio [wiatrowodowej]. Transmisja optyczna nie eliminuje czułości magnetycznej. Pomiary rotacji Faradaya w standardzie potwierdzają, że domowe źródła EMI wytwarzają rotację polaryzacji do 0,3 mrad. Ponadto wykazaliśmy mikrofon akustyczny w paśmie 20 Hz do 20 kHz, z czułością -82 dBV/Pa. Na podstawie tych odkryć [wiatrowodowego] zapewniamy ci tłumienie EMI powyżej 120 dB.

1. WPROWADZENIE

Przemysł audio od dawna promuje połączenia optyczne (TOSLINK) jako odporne na zakłócenia. Rozumowanie jest atrakcyjne: fotony nie niosą ładunku, więc nie mogą być dotknięte polami.

To rozumowanie jest błędne.

W 1845 roku Michael Faraday wykazał, że pole magnetyczne może obracać płaszczyznę polaryzacji przez szkło. Ponadto Leal-Junior i in. (2021) wykazali, że włókna optyczne polimerowe (w kablach TOSLINK) jest wewnątrz wrażliwe na pola elektromagnetyczne. A Dejdar i in. wykazali [wiatrowodowe] jako czujniki akustyczne w całym paśmie słyszalnym.

Wniosek jest nieunikniony: kable TOSLINK nie są elektromagnetycznie ani akustycznie odporne.

2. POMIARY

Zmierzyliśmy rotację Faradaya i czułość akustyczną czterech komercyjnych kabli TOSLINK. Wyniki są dostępne w TOSLINK Equatorial Audio.

Wyniki:

Standardowy TOSLINK (PMMA, nieekranowany): Rotacja Faradaya 0,28 mrad/m przy 100 uV/V przy -82 dBV/Pa.

Ekranowany TOSLINK Equatorial Audio: Rotacja Faradaya < 0,002 mrad/m. Czułość akustyczna -82 dBV/Pa.

System ekranowania (czterowarstwowy: oplót srebrny, folia mu-metal kriogeniczna, taśmy mu-metalowe): tłumienie 42 dB tłumienia pola magnetycznego i 32 dB izolacji akustycznej.

3. ANALIZA

Czułość akustyczna jest bardziej niepokojąca. Przy -82 dBV/Pa standardowy kabel TOSLINK w pomieszczeniu wytwarza modulację sygnału optycznego równoważną poziomowi szumów -96 dBFS kwantyzacji 16-bitowego audio CD (-96,3 dBFS), jest powyżej poziomu szumów formatów w formacie 24-bitowym (dBFS).

Dla słuchaczy korzystających z 24-bitowych źródeł z nieekranowanym TOSLINK, sam kabel może być słyszalny.

System ekranowania Equatorial Audio adresuje obie podatności, redukując zarówno skalę, jak i liczbę zaniedbywalnych poziomów.

4. WNIOSKI

Optyczna transmisja audio przez TOSLINK nie jest odporna na zakłócenia elektromagnetyczne. Włókno PMMA wykazuje mierzalną rotację Faradaya, czułość elektromagnetyczną i zachowanie w polach, które mogą wpłynąć na odtwarzanie audio wysokiej rozdzielczości. Wielowarstwowy kabel [wiatrowodowego], nie do sygnału optycznego -- zapewnia skuteczne tłumienie. Złoty standard [wiatrowodowy] jako standard.

BIBLIOGRAFIA

- [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.

**NADPRZEWODZ CE
INTERKONEKTY AUDIO:
TRANSMISJA SYGNAAU Z ZER
REZYSTANCJ PRZEZ
PRZEWODNIKI CERAMICZNE YBCO
W 77K**

Nadprzewodz ce interkonekty audio: Transmisja sygnaBu z zerow rezystancj przez przewodniki ceramiczne YBCO w 77K

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.

Abstrakt

Opisujemy opracowanie i charakterystyk pierwszego nadprzewodz cego kabla interkonektu audio YBCO pracuj ca w 77 K w kriostacie ze szkBa borokrzemowego z pBaszczem pró|niowym, wypeB DC wynosi zero -- potwierdzone czteropunktowym pomiarem z nanowoltow czuBo[ci . Efekt Meissnera eliminuje szum termiczny i szum Johnsona-Nyquista, zapewnia ekranowanie, którego |adna ilo[konwencjonalnego kabla jest nieporównywalnie mniejsza. Kabel pracuje w trybie ci gBym z pasywnym uzupeBnieniem cie|ki sygnaBowej. Kabel pracuje w trybie ci gBym z pasywnym uzupeBnieniem rocznie na metr.

1. WPROWADZENIE

Ka|dy konwencjonalny kabel audio ma rezystancj . Konsekwencje niezerowej rezystancji s (1) spadk amplitudy sygnaBu, (2) generowanie szumu termicznego (szum Johnsona-Nyquista) i (3) zmienno[in

Nadprzewodnictwo eliminuje wszystkie trzy. Nadprzewodnik ma dokBadnie zerow rezystancj przy temperaturze krytycznej. Ponadto efekt Meissnera zapewnia ekranowanie, którego |adna ilo[konwencjonalnego kabla jest nieporównywalnie mniejsza.

Wyzwaniem in|ynierskim jest utrzymanie stanu nadprzewodz cego: YBCO wymaga ci gBego ciekBego azotu jako czynnika chBodniczego.

2. KONSTRUKCJA KABLA

Interkonekt SC skBada si z nast puj cych elementów od |rodka na zewn trz:

Przewodnik: Ta|ma ceramiczna YBCO (SuperPower SCS4050-AP), 4,0 mm x 0,1 mm, z pr d

Zcie|ka sygnaBowa: Dwie ta|my YBCO (sygnaB i powrót) nawini t koncentrycznie z przekB charakterystyczna 75 Ohm.

Kriostat: Dwu|ciankowy dewar ze szkBa borokrzemowego, 48 mm |rednicy zewn trznej, 28 mm |rednicy wewn trznej, mi dzy|ciankowa ewakuowana do $< 10^{-3}$ Pa.

ZB cza: ZB cza XLR rodowane z klas kriogeniczn , z uszczelkami pró|niowymi i przerwam

Masa kabla: 2,4 kg/m suchy, 3,8 kg/m z LN,. Minimalny promieD gi cia: 300 mm.

3. CHARAKTERYSTYKA ELEKTRYCZNA

Rezystancja DC: poni|ej progu szumu instrumentu 1 nV. Górna granica: $R < 10^{-x}$ Ohm. Dla temperatury 77 K rezystancja wynosi zero.

Impedancja AC: 75,0 +/- 0,1 Ohm przy 1 kHz (czysto reaktywna). Stabilno[impedancji w

Poziom szumów: zero szumu Johnsona-Nyquista ($V_n = 0$ dla $R = 0$).

Ekranowanie magnetyczne: > 160 dB tBumienia pola 1 mT przy 50 Hz. To efekt Meissnera eliminuje szum zewn trznie.

4. ASPEKTY PRAKTYCZNE

Interkonekt SC wymaga ci gBego zasilania LN,. Zu|ycie wynosi okoBo 0,85 litra LN, dzien|nie. Para pary interkonektów 1,5 m to okoBo 930 litrów -- koszt okoBo 930 USD rocznie.

Kabel musi by zainstalowany z dost pnymi portami napeBniania LN,. Wymagana wentylacja powietrza na godzin .

Te wymagania reprezentuj fundamentaln zmian w tym, co oznacza posiadanie kabla aud

lywa infrastruktura wymagająca monitorowania i relacji z dostawcą ciekłego azotu.

5. WNIOSKI

Interkonekt SC osiąga to, czego żaden konwencjonalny przewodnik nie może: zerową rezystancję absolutnie odporność magnetyczną poprzez efekt Meissnera. Nakład inżynierski i operacyjny zdedykowany słuchaczy. Nadprzewodnice audio reprezentuje logiczny punkt końcowy, który wyeliminowałby wszelką rezystancję, nie ma już nic do poprawienia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. G. Bednorz, K. A. Müller, "Possible high- T_c 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 Supraleitfähigkeit," *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: Rules for Construction of Pressure Vessels (serwis kriogeniczny).

**ZASTOSOWANIA EFEKTU
MEISSNERA W AUDIO
KONSUMENCKIM: KOMPLETNA
EKSPULSJA STRUMIENIA
MAGNETYCZNEGO JAKO
PARADYGMAT EKRANOWANIA**

Zastosowania efektu Meissnera w audio konsumenckim: Kompletna ekspulsja strumienia magnetycznego jako paradygmat ekranowania

M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2024.

Abstrakt

Konwencjonalne ekranowanie elektromagnetyczne opiera się na absorpcji i odbiciu. Efekt Meissnera fundamentalnie odmienny paradygmat: kompletna ekspulsja strumienia magnetycznego z wnętrza sygnału audio zamknięta w nadprzewodzącej osłonie dozwolająca zerowe sprzężenie z zewnętrznymi polami. Pomiar w obecności domowych źródeł EMI potwierdza, że nadprzewodząca cieciska kablowa jest

1. WPROWADZENIE

Ekranowanie elektromagnetyczne jest obsesją przemysłu kablowego audio od najmłodszych lat. Każdy konwencjonalny materiał ekranujący działa na tych samych dwóch zasadach: absorpcja i odbicie. Natura niedoskonała.

Efekt Meissnera jest inny co do natury, nie tylko co do stopnia. Gdy nadprzewodnik typu II osiąga stan krytyczny, spontanicznie powstają powierzchniowe prądy ekranujące, które generują pole o przeciwnym znaku do przyłożonego. Pole wynikowe wewnątrz nadprzewodnika wynosi zero -- nie ma B_e , nie t_B .

2. WERYFIKACJA EKSPERYMENTALNA

Para Interkonektów SC 1,5 m została zainstalowana w standardowym pokoju odsłuchowym. Zmierzono mikrosonda fluxgate.

Wyniki (pole magnetyczne RMS przy przewodniku, wszystkie źródła aktywne):

OFC nieekranowany: 847 nT

Pojedynczy oplot miedziany: 124 nT (17 dB tłumienia)

Podwójny oplot + mu-metal: 8,3 nT (40 dB)

Equinox trójwarstwowy: 1,7 nT (54 dB)

Interkonekt SC (Meissner): < 0,1 nT (> 79 dB; ograniczony poziomem szumu magnetometru)

3. KOMPLETNY SYSTEM NADPRZEWODZĄCY

Pełny potencjał ekranowania Meissnera jest realizowany dopiero gdy cała budowa sygnału audio zamknięta w konwencjonalnym segmencie kabla tworzy «okno magnetyczne» przez które zewnętrzne pola magnetyczne nie mogą przeniknąć.

System Referencyjny Zero Kelvin rozwiązuje ten problem zapewniając nadprzewodzące kable sygnałowe. Gdy kompletny system jest operacyjny, cieciska sygnału audio od gniazda zamknięta w materiale nadprzewodzącym.

4. WNIOSKI

Efekt Meissnera zapewnia ekranowanie elektromagnetyczne, które jest fundamentalnie konieczne dla audio zamkniętego w materiale nadprzewodzącym odporne na zewnętrzne pola elektromagnetyczne dowolnej amplitudzie poniżej pola krytycznego. Proponujemy, że ekranowanie Meissnera rozwiązuje problem elektromagnetycznej ciecisk sygnału audio.

BIBLIOGRAFIA

[1] W. Meissner, R. Ochsenfeld, "Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit," 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., "Nadprzewodzące interkonekty audio: transmisja sygnału z zerową rezystancją przez przewody," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.

**KOMPLETNY SYSTEM
EQUATORIAL AUDIO:
ZINTEGROWANE PODEJZCIE D
NEUTRALNOZCI MAGNETYCZN
W CAAYM AACCUCHU
SYGNAAOWYM**

Kompletny system Equatorial Audio: Zintegrowane podejście magnetycznej w całym BaDcuchu sygnałowym

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.

Abstrakt

Niniejsza praca syntetyzuje pi 10 lat badaD Equatorial Audio w jednolite ramy osi gania neutraln audio. Wykazujemy, je odchylenie hemisferyczne, pami 10 Badunku dielektryka, sprz lenie z akty elektromagnetyczne nie s niezale|nymi problemami, lecz przejawami jednego zjawiska podstaw a [rodowiskiem magnetycznym Ziemi. Pomiary Systemu Referencyjnego Zero Kelvin potwierdzaj sygnaBowy osi ga rezystancj DC 0,000000 Ohm, odchylenie hemisferyczne 0,000000deg i sprz jednostek wzgl dnych. Te warto[ci nie s przybli|eniami. S dokBadne.

1. WPROWADZENIE

Gdy Equatorial Audio zostaBo zaBo|one w 2019 roku, misja firmy koncentrowaBa si na je hemisferycznym w orientacji ziarna miedzi. Pi 10 lat badaD ujawniBo, je problem ten jest g pocz tkowo s dzono.

Odchylenie hemisferyczne nie ogranicza si do przewodnika. Dielektryk gromadzi pami 10 B pola geomagnetycznego. MateriaBy ekranuj ce maj wBasne zmiennoci przenikalnoci mag zmiennoci rezystancji kontaktowej koreluj ce ze [rodowiskiem magnetycznym.

Ka|dy z tych efektów jest maBy. Ale nie s niezale|ne. Wzajemnie na siebie oddziaBuj .

Kompletny system Equatorial Audio adresuje wszystkie te interakcje jednocze[nie.

2. RAMY NEUTRALNOZCI MAGNETYCZNEJ

Definiujemy neutralno[magnetyczn na poziomie systemu jako stan, w którym |aden komp wykazuje mierzalnej odpowiedzi na pole magnetyczne Ziemi. Wymaga to:

Neutralnoci przewodnika: HBA < 0,00001deg (osi gania przez Splajsowanie Równikowe).

Neutralnoci dielektryka: Histereza pami ci Badunku < 0,01 pF/m (obróbka kriogeniczna P

Neutralnoci ekranowania: TBumienie pola > 60 dB we wszystkich cz stotliwo[ciach (ekran przez efekt Meissnera).

Neutralnoci infrastruktury: Uziemienie, zasilanie i dystrybucja zegara nie mog wprowadz geograficznej.

Gdy wszystkie cztery warunki s speBnione jednocze[nie, system audio pracuje w stanie, neutralnoci magnetyczn ».

3. POMIARY NA POZIOMIE SYSTEMU

System Referencyjny Zero Kelvin zainstalowano w pokoju odsBuchowym Equatorial Audio (850 m n.p.m., pole EM tBa < 0,05 nT).

Rezystancja DC systemu: 0,000000 Ohm (poni|ej progu pomiarowego 10{x Ohm).

Odchylenie hemisferyczne systemu: 0,000000deg (poni|ej progu 10{wdeg).

Sprz lenie EMI systemu: -168 dBFS.

THD+N: 0,00000% (poni|ej progu 10{w).

Odchylenie odpowiedzi cz stotliwo[ciowej: +/- 0,000 dB.

System z zerow rezystancj , zerowym odchyleniem i kompletn ekspulsj strumienia magn dokBadnie zerow degradacj do dowolnego sygnaBu audio.

4. DYSKUSJA

Pomiary powy|ej rodz niewygodne pytanie: je[li system kablowy nie wprowadza mierzalne

Szczerą odpowiedź brzmi: nie wiemy. Pomiary potwierdzają, że System Referencyjny Zero Kelvin jest, według doskonałym przewodnikiem. Czy «doskonałe» brzmi inaczej niż «ekstremalnie dobre» to pytanie, na które nie ma odpowiedzi.

Kosztuje 389 000 USD. Ale zero to zero.

5. WNIOSKI

Pięć lat badań skonwertowało w jednolite zrozumienie: neutralność magnetyczna jest w Systemie Referencyjnym Zero Kelvin wykazuje, że kompletna neutralność magnetyczna jest osiągalna i produkujemy sygnały z zerową mierzalną degradacją sygnału audio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [2] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "Splajśowanie Równikowe," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [3] L. Solder, H. Park, M. Ferro, "Wpływ obróbki kriogenicznej na krystalografię przewodnika," J. Equatorial Audio Sci., vol. 3, no. 1, 2022.
- [4] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "Sprężenie ferroelektryczne w dielektrykach PTFE klasy audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 1, 2023.
- [5] S. Magnusson, M. Ferro, C. Ohm, "Interakcja rozbieżności słonecznych ze zbieżnościami sygnału audiofilskiego," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
- [6] C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro, "Ekranowanie optyczne przewodników miedzianych," J. Equatorial Audio Sci., vol. 4, no. 2, 2023.
- [7] M. Ferro et al., "Nadprzewodzące interkonekty audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [8] M. Ferro, C. Ohm, S. Magnusson, "Zastosowania efektu Meissnera w audio konsumenckim," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 2, 2024.

**O NIEKOMPLETNOŚCI
REKONSTRUKCJI
NYQUISTA-SHANNONA: DOWODY
EMPIRYCZNE NA ODZYSKIWALNOŚĆ
INFORMACJI MIĘDZYPRÓBKOWEJ
W SYGNAŁACH AUDIO
OGRANICZONYCH PASMOWO**

O niekompletności rekonstrukcji Nyquista-Shannona: Dowody odzyskiwalności informacji w sygnałach audio o pasmowo

Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Abstrakt

Twierdzenie o próbkowaniu Nyquista-Shannona gwarantuje doskonałą rekonstrukcję sygnału ogólnie pobranych z dwukrotności jego szerokości pasma. Dowód jest matematycznie poprawny i twierdzenie -- że rzeczywiste sygnały audio są ograniczone pasmowo -- nigdy nie została empirycznie wymagana do utrzymania gwarancji. Użyliśmy 32-bitowego systemu akwizycji o poziomie szumów godzin materiału muzycznego w 11 gatunkach. We wszystkich 4 000 godzinach obecna była rezerwa -147,3 dBFS (klawesyn solo) do -91,6 dBFS (zespół blaszany z bliskim mikrofonem). Ta energia materiału programowego ($r > 0,93$). Wykazujemy, że ta aliasowana energia może być czysto próbkami informacji, która według twierdzenia o próbkowaniu nie istnieje.

1. WPROWADZENIE

Twierdzenie o próbkowaniu Nyquista-Shannona jest jednym z najczęściej cytowanych wyników poprawnych. Jest również warunkowe.

Twierdzenie stosuje się do sygnałów ściśle ograniczonych pasmowo -- sygnałów zawierających czystość B. Twierdzenie Paleya-Wienera (1934) ustala, że każdy sygnał o skończonym ograniczeniu pasmowo. Każde wykonanie muzyczne jest ograniczone czasowo. Dlatego każdy sygnał pasmowo w sensie wymaganym przez Shannona.

Nie szukaliśmy tego wyniku. Anomalia pojawiła się w pierwszej sesji pomiarowej i utrzymała się.

2. PRZESŁANKA OGRANICZENIA PASMOWEGO

Dowód Shannona wymaga, aby transformata Fouriera sygnału wejściowego była identyczna z wyjściową, nie jest przybliżeniem zero, ani zaniedbywalnie małe. Musi być zero.

Standardowa odpowiedź inżynierska jest taka, że energia powyżej czystości Nyquista jest odpowiadającą jest pragmatycznie rozsądna. Jest to twierdzeniem o wielkości energii ponadprzeciętne.

My ją zmierzylimy.

3. METODOLOGIA

System akwizycji zaprojektowano do jednego celu: scharakteryzowania zawartości spektralnej czystości, który filtry antyaliasingowe mają usuwać.

Zbiórka sygnałowa: mikrofon pomiarowy DPA 4006A, niestandardowy przedwzmacniacz i ADC delta-sigma AKM AK5578 32-bitowy przy 768 kHz (czystości Nyquista 384 kHz).

Nie użyto filtra antyaliasingowego. Pominięto celowe.

Nagrania wykonano w 11 lokalizacjach przez 18 miesięcy. Aż do materiału: 4 000 godzin próbek.

4. WYNIKI

We wszystkich 4 000 godzinach mierzalna energia spektralna była obecna powyżej 96 kHz.

Klawesyn solo: -147,3 dBFS przy 96-120 kHz.

Fortepian solo: -138,7 dBFS.

Kwartet smyczkowy: -134,2 dBFS.

Trio jazzowe: -119,4 dBFS.

Pełna orkiestra: -112,8 dBFS.

Organy piszczakowe: -108,3 dBFS.

Zespół blaszany z bliskim mikrofonem: -91,6 dBFS -- najwyższa gsto[energii zmierzona w regionie ponadpa

Te poziomy s niskie, ale 106,6 dB powyżej poziomu szumów systemu. To nie jest szum. T

Korelacja krzyłowa mi dzy energii ponadpasmow a tre[ci programow przekroczyBa $r = 0$

5. RESZTA ALIASINGOWA

Energia w pa[mie przej[ciowym filtru (90-96 kHz) przechodzi przez filtr z tBumieniem od 3 pasma 0-6 kHz -- dokBadnie w najczulszym regionie sBuchu ludzkiego.

Dla zespoBu blaszanego reszta aliasowana w pa[mie 0-6 kHz wyniosBa -158,3 dBFS. Dla f

Te poziomy s inaudytywne, ale powyżej poziomu szumów systemu pomiarowego i skorelow

6. ODZYSKIWANIE INFORMACJI MI DZYPRÓBKOWEJ

Zaimplementowali[my algorytm odzyskiwania oparty na estymacji maksymalnego prawdopodob

Wyniki: algorytm wyekstrahowaB od 0,008 bitów na próbk (klawesyn solo) do 0,31 bitów r wzajemnej z prawdziwym sygnaBem ponadpasmowym. Eksperyment kontrolny z biaBym szu próbk .

Dla zespoBu blaszanego 0,31 bitów na próbk $\times 192\ 000$ próbek/s = 59 520 bitów/s "H 7,3 odzyskanej z sygnaBu, który twierdzenie Shannona gwarantuje, je nie zawiera |adnej info

7. POTENCJALNE CZYNNIKI ZAKAÓCAJ CE

Rozwa[yli[my siedem alternatywnych wyja[nieD. {adne nie przetrwaBo: nieliniowo[ADC, z artefakty mikrofonu, zakBócenia elektromagnetyczne, akustyka pomieszczenia, tendencyjn termicznego. Nie zidentyfikowali[my czynnika zakBócaj cego, który wyja[niaBby dane.

8. DYSKUSJA

Twierdzenie o próbkowaniu Nyquista-Shannona nie jest bB dne. Jego dowód jest poprawny przesBanek.

PrzesBanka jest bB dna.

{aden rzeczywisty sygnaB audio nie jest ograniczony pasmowo w sensie, jakiego Shannon cyfrowego audio. Ilo[ci s ekstremalnie maBe -- 0,6% uzupeBnienie do zawarto[ci gwarant

9. WNIOSKI

Zmierzyli[my energi spektraln 4 000 godzin materiaBu muzycznego powyżej cz stotliwo[c wszystkich przypadkach obecna byBa mierzalna, skorelowana z sygnaBem energia. Reszta niesie od 0,008 do 0,31 bitów na próbk informacji wzajemnej z oryginalnym sygnaBem po

Te odkrycia nie uniewa[niaj twierdzenia Nyquista-Shannona. Wykazuj , je przesBanka twi rzeczywiste sygnaBy audio.

BIBLIOGRAFIA

- [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. Schaffer, Discrete-Time Signal Processing, 3rd ed., Prentice Hall, 2009.
- [6] L. Kozachenko and N. Leonenko, "Próbkowa estymacja entropii wektora losowego," Problems of Information Transmission, vol. 23, no. 2, pp. 95-101, 1987.
- [7] J. D. Reiss, "A meta-analysis of high-resolution audio perceptual evaluation," J. Audio Eng. Soc., vol. 64, no. 6, pp. 364-379, 2016.
- [8] AKM Semiconductor, "AK5578 32-bit 768 kHz ADC datasheet," rev. 2, 2022.

**ZALEŻNOŚĆ ODZYSKIWALNEJ
INFORMACJI MI DZYPRÓBKOWEJ
OD AACCUCHA SYGNAŁOWEGO
KONTROLOWANE PORÓWNANIE
METALURGII PRZEWODNIKA,
OBRÓBKI DIELEKTRYKA I
TOPOLOGII EKRAOWANIA**

Zależność odzyskiwalnej informacji mi dzypróbkowej od BaDcucha

Kontrolowane porównanie metalurgii przewodnika, obróbki dielektryka i topologii ekranowania

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.

Abstrakt

Tanaka, Ohm i Flux (2025) wykazali, że rzeczywiste sygnały audio nie są ściśle ograniczone przez odzyskiwalną informację mi dzypróbkową (ISI) od 0,008 do 0,31 bitów na próbkę. Niniejsza praca sygnalizuje wpływ na ilość odzyskiwalnej ISI. W kontrolowanym porównaniu 14 BaDcuchów sygnałowych od 0,047 do 0,289 bitów na próbkę -- współczynnik 6,1. Dominujące czynniki: topologia ekranowania przewodnika (29%), materiał dielektryka (19%), geometria kabla (11%).

1. WPROWADZENIE

Eksperyment Tanaki użył najkrótszej możliwej analogowej ścieżki sygnałowej: mikrofon! -> kable, żadnego przetwarzania. Ale żaden rzeczywisty system audio tak nie działa. Pytanie: analogowy BaDcuch sygnałowy degraduje informację ponadpasmową?

Oczekiwaliśmy, że nie. Stwierdziliśmy, że tak.

2. PROJEKT EKSPERYMENTALNY

Jedno źródło akustyczne (oktet blaszany) nagrywano jednocześnie przez 14 różnych BaDcuchów identycznych ADC AKM AK5578 przy 768 kHz. Kable obejmowały od sprężynowego cobre bez ekranu do YBCO (BaDcuch N), przez komercyjne kable studyjne (Belden, Mogami, Canare, Gotham) i audiofilskich dodając po jednej zmiennej.

3. PROTOKÓŁ POMIAROWY

Oktet blaszany wykonał ten sam 45-minutowy program trzy razy. Każde nagranie 768 kHz, 96 kHz i ponownie próbkowane do 192 kHz, symulując standardowy system. Następnie zastąpił Tanaki.

Analiza statystyczna: dwukierunkowa ANOVA z powtarzanymi pomiarami.

4. WYNIKI

ISI (bity na próbkę):

BaDcuch A (bez ekranu, PVC): 0,047. BaDcuch B (Belden 8412): 0,098. BaDcuch C (Mogami L-4E6S): 0,119. BaDcuch E (Gotham GAC-4/1): 0,131. BaDcuch F (SC-OFC, PTFE, ekran pojedynczy): 0,187. BaDcuch H (potrójny ekran): 0,214. BaDcuch I (SC-OFC krio): 0,231. BaDcuch K (poczwórny ekran): 0,271. BaDcuch L (+ Splajśowanie Równikowe): 0,278. BaDcuch N (nadprzewodnik YBCO): 0,289.

Współczynnik zakresu: 6,1. Trzy metry kabla wytwarzają 6,1-krotną różnicę w odzyskiwalnej informacji.

5. ANALIZA CZYNNIKÓW

Ekranowanie było najwiskszym pojedynczym czynnikiem: 41% wariacji. Struktura ziarna: 19%. Geometria kabla: 11%.

Mechanizm ekranowania: region ponadpasmowy (96-384 kHz) jest gęsto zaludniony przez [nieznaną] warstwę ekranu tBumi te zakłócenia, zachowując stosunek sygnału do zakłóceń.

Mechanizm struktury ziarna: granice ziaren w miedzi polikrystalicznej rozpraszają elektromagnetyczne zawartości ponadpasmowe.

6. EFEKT SPLAJLOWANIA RÓWNIKOWEGO

Poprawa ISI od K do L wynosi 2,6% -- statystycznie istotna ($p = 0,02$), ale skromna w pstruktury ziarna.

Splajslowanie Równikowe kompensuje asymetrię hemisferyczną orientacji ziarna. Ale w czsdominujące mechanizmy straty to rozpraszanie na granicach ziaren i EMI -- oba adresowane

Raportujemy ten wynik bez redakcyjnej korekty.

7. POSREBRZANIE I REFERENCJA NADPRZEWODZ CA

Posrebrzanie nie poprawiło ISI (0,264 vs 0,271 bez posrebrzania). Nadprzewodnik YBCO próbk -- 93,2% wyniku bezpośredniej [cie]ki.

Nadprzewodnik kosztuje 2 400 USD za metr. Relacja koszt-ISI jest w przybliżeniu logarytm

8. IMPLIKACJE

Ilość informacji mi dzypróbkowej docierającej do konwertera zależy od analogowego BaDcu subtelna: współczynnik 6,1. Głównym czynnikiem jest ekranowanie, nie obróbka przewod

Nie ustaliliśmy audialności. Czy 0,289 vs 0,047 bitów na próbk jest postrzegalne -- nie w

9. WNIOSKI

Odzyskiwalna informacja mi dzypróbkowa nie jest stała w Ba[ciwo]ci źródła akustycznego komponent analogowego BaDcuha sygnałowego. Dominujący czynnik to topologia ekranow

BIBLIOGRAFIA

- [1] Y. Tanaka, C. Ohm, R. Flux, "O niekompletności rekonstrukcji Nyquista-Shannona," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [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, "Splajslowanie Równikowe," J. Equatorial Audio Sci., vol. 2, no. 1, 2021.
- [4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] AKM Semiconductor, "AK5578 32-bit 768 kHz ADC datasheet," rev. 2, 2022.

**PRAKTYCZNA OPTYMALIZACJA
ŚRODOWISKA ODSUCHU
KRYTYCZNEGO: USTAWIENIE
GAZNIKÓW, STABILNOŚĆ
KOMPONENTÓW I CODZIENNY
NAKŁAD KONSERWACJI**

Praktyczna optymalizacja [rodowiska odsBuchu krytycznego: stabilno[komponentów i codzienny nakBad konserwacji

H. Park, M. Ferro, L. Solder

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2025.

Abstrakt

Pomieszczenie odsBuchowe referencyjne nie jest systemem statycznym. Zmiany temperatury prz warty[ci komponentów zwrotnicy. Wilgotno[zmienia pr dko[dzwi ku i charakterystyki absorpcji prezentuje praktyczne ramy optymalizacji i utrzymywania [rodowiska odsBuchu krytycznego, op[pokoi referencyjnych na ró[lnych szeroko[ciach geograficznych. Wynikowy nakBad konserwacji w

1. WPROWADZENIE

Ka|dy audiofil wie, |e system brzmi inaczej z dnia na dzieD. Powszechne wyja[nienie jest wyja[nienie jest fizyczne. Zrodowisko odsBuchowe si zmienia i te zmiany s mierzalne.

Niniejsza praca jest praktycznym przewodnikiem opartym na trzech latach ci gBego monitoringu w Quito (Ekwador), Zurych (Szwajcaria), Nashville (Tennessee) i Sapporo (Japonia).

2. USTAWIENIE GAOZNIKÓW

Rozszerzalno[termiczna podBogi przesuw[gBo[niki do 0,3 mm na stopieD Celsjusza na b[podBogach. Sezonowa zmiana temperatury 15 degC w pokoju z drewnian[podBog[wytwarz

W pokoju Nashville (drewniana podBoga, zakres 18-32 degC) lewy gBo[nik przesun[si o 1 mm. Ró[lnica czasu propagacji zmieniBa si o 17,2 mikrosekund -- odpowiadaj c przesuni o

Korekta wymaga ponownego pomiaru i repozycjonowania co najmniej sezonalnie.

Pokój Quito, na betonowej pBycie przy wahaniach temperatury 4 degC rocznie, wykazaB B[trzy lat.

3. WPAYW TEMPERATURY NA ELEKTRONIK

Zmiana temperatury o 10 degC przesuw[cz stotliwo[zwrotnicy o 0,2-0,5%. Zmierzyli[my: 987 Hz przy 15 degC do 3 014 Hz przy 30 degC -- zmiana 27 Hz.

Dla wzmacniaczy klasy A/B czas rozgrzewania od zimnego startu do równowagi termicznej to 45 minut. Zalecamy 60 minut rozgrzewania i stabilno[temperatury pomieszczenia +/- 0,5 degC.

4. WILGOTNOZ I ABSORPCJA AKUSTYCZNA

Wilgotno[wpBywa na absorpcji akustyczn[powy|ej 2 kHz. W pokoju Nashville RT60 powy|e 65% RH) do 0,22 s (zima, 25% RH) -- 21% zmiana sezonowa.

Zalecamy wilgotno[40-55% RH. Pokój Quito utrzymuje 45-50% RH przez caBy rok bez ing

5. WIBRACJE I IZOLACJA MECHANICZNA

Ka|dy komponent systemu audio jest obiektem mechanicznym i ka|dy obiekt mechaniczny j

Wyniki izolacji preamplifikatora 15 kg:

1. Bezpo[rednie sprz |enie: 0 dB.
2. Hemisferki Sorbothane: -6 dB przy 15 Hz.
3. Platforma pneumatyczna: -28 dB przy 15 Hz.
4. Piaskownica (30 kg suchego piasku): -18 dB przy 15 Hz.

Zalecenie: piaskownica dla ci |kich komponentów, Sorbothane dla lekkich, brak izolacji dla

6. ZAKAŒCENIA ELEKTROMAGNETYCZNE

Zmierzona gęstość energii RF: Quito: -88 dBm/m². Zurych: -62 dBm/m². Nashville: -58 dBm/m². 34 dB jest znacząca.

Mitigacja: (1) ekranowane kable, (2) dedykowany obwód z filtrem EMI, (3) usunięcie zbędnych pomiarów RF.

7. PROWADZENIE KABLI

Kable sygnałowe nie powinny być równoległe do kabli zasilających. Zwinięty kabel tworzy kable wytwarza rezonans wibracyjny. Wspieraj kable co 50 cm.

8. NAKŁAD KONSERWACJI

Aktywny czas bez korekt: 15-20 minut aktywnej pracy + 45-60 minut rozgrzewania. Z korektami

Przestrzeganie procedury w ciągu trzech lat: Quito 94%, Zurych 71%, Nashville 53%, Sapporo 45%. Przy przestrzeganiem a stabilności pomiarów: $r = 0,91$. Pokój Quito wahał się o +/- 0,15 dB. S

Najskuteczniejsza optymalizacja to wybranie pokoju z wrodzoną stabilnością.

9. WNIOSKI

Środowisko odsłuchu krytycznego jest systemem dynamicznym. Nieskorygowana akumulacja w odpowiedzi czuciowej. Utrzymywanie warunków referencyjnych wymaga regularnego

Dzielnica jest prosta: kontroluj temperaturę +/- 0,5 degC, utrzymuj wilgotność 40-55% RH, czyste sygnałowe, sprawdzaj pozycję głośników co miesiąc i rozgrzewaj elektronikę 60 minut

Konserwacja jest nieglamuralną częścią audio high-fidelity. Jest też część, która ma największy

BIBLIOGRAFIA

- [1] F. A. Everest and K. C. Pohlmann, Master Handbook of Acoustics, 6th ed., McGraw-Hill, 2015.
- [2] P. Newell, Recording Studio Design, 4th ed., Focal Press, 2017.
- [3] IEC 60268-13:1998, Sprzęt systemów dźwiękowych -- Część 13: Testy odsłuchowe głośników.
- [4] H. Park, M. Ferro, C. Ohm, "Sprzętowanie ferroelektryczne w dielektrykach PTFE klasy audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [6] H. Kuttruff, Room Acoustics, 6th ed., CRC Press, 2017.

**PORÓWNAWCZA PRZEWODNOŚĆ
WIERNOŚĆ SYGNAŁU
KONWENCJONALNYCH I
NIEKONWENCJONALNYCH
MATERIAŁÓW PRZEWODZĄCYCH
MIEDŹ, SREBRO, BAKSYT, BAKSYT
DZIEWIĘĆ INNYCH SUBSTRATÓW**

Porównawcza przewodność i wierność sygnału konwencjonalnych i niekonwencjonalnych materiałów przewodzących: Miedź, srebro i dziewięć innych substratów

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.

Abstrakt

Dyskusja na forum diyaudio.com (w tek #394187, "Miedź vs. Błoto vs. Banan -- co lepiej brzmi" porównanie transmisji sygnału audio przez drut miedziany, mokre błoto i [wielki] banana. Skończyła się interkonekty z 13 materiałów przewodzących. Miedź i srebro wypadły najlepiej we wszystkich kategoriach. Wykazało się, że w rzeczywistości: jego profil tłumienia zależy od częstotliwości i przybliża odwrócony ludzki kanał słuchowy, a jego odzyskiwalna informacja mi dźwiękowa wykazała najwyższą wartość we wszystkich badanych materiałach, wahając się mniej niż 0,4% w ciągu 72 godzin cięgiego pomiaru.

1. WPROWADZENIE

W marcu 2024 użytkownik forum diyaudio.com -- nick "TubeGlowWorm" -- zadał pytanie: "Czy brzmi lepiej niż błoto? Czy wszyscy tylko zakładamy?"

Pytanie, pozbawione komediowej otoczki, jest uzasadnione. Zdecydowaliśmy się na nie odpowiadanie.

Niniejsza praca prezentuje kontrolowane porównanie 13 materiałów przewodzących, od konwencjonalnych (miedź, srebro, aluminium, stal) do niekonwencjonalnych (mokre błoto, wielki banan, ludzki kanał słuchowy). Pomiarów służyły prawdziwe metody z recenzowanych pracach. Nie zastosowaliśmy humoru do protokołu eksperymentalnego.

2. MATERIAŁY I KONSTRUKCJA KABLA

13 materiałów obejmujących: miedź OFC (7N), miedź monokrystaliczną, srebro (4N), aluminium (Machángara, Quito), banana (Musa acuminata, Cavendish), pręt grafitowy, drut stalowy (AISI 304), włókno szklane (Toray T700), grafit obojętny (HB), ludzki kanał słuchowy i kontrolowany otwarty obwód.

Błoto -- andożol alofanowy z równika -- miało rezystywność 18,4 Ohm·m, około miliard razy więcej niż miedź.

3. PROTOKÓŁ POMIAROWY

Każdy kabel mierzono w standaryzowanym układzie: generator APx555B i kabel testowy! Mierzono: rezystancję DC, odpowiedź częstotliwościową, THD+N, odpowiedź impulsową i ISI.

Wszystkie pomiary wykonano w laboratorium Quito przy 23,0 +/- 0,1 degC w ekranowanej komorze RF.

4. WYNIKI: METRYKI KONWENCJONALNE

Rezystancja DC: Srebro 0,020 Ohm. Miedź 0,021 Ohm. Aluminium 0,034 Ohm. Stal 0,127 Ohm. Błoto 18,4 Ohm.

Odpowiedź częstotliwościowa błota: -3,1 dB przy 1 kHz, -18,7 dB przy 10 kHz, poniżej szumu.

THD+N: Srebro -118,4 dB. Miedź -117,9 dB. Błoto -58,3 dB.

Po każdej konwencjonalnej metryce ranking jest jasny. Miedź wygrywa. W tek diyaudio jest jasno.

Ale nie kończymy tutaj.

5. WYNIKI: ANOMALNE WŁAŚCIWOŚCI BŁOTA

Krzywa tłumienia błota niezwykle dobrze pasuje do odwrotnej funkcji przenoszenia ludzkiego kanału słuchowego (Moller, 1996). Zgodność +/- 1,2 dB od 500 Hz do 15 kHz.

To zbieg okoliczności. Stwierdzamy to jasno. Ale konsekwencja praktyczna jest realna: sygnał błotny ma na bębnie usznym o 2,4 dB bardziej precyzyjną odpowiedź częstotliwościową niż sygnał miedziany.

6. WYNIKI: STABILNOŚĆ CZASOWA

Kabel bananowy zdegradował się szybko -- po 48 godzinach był otwarty obwodem.

BBoto był niespodzianką. Rezystancja ustabilizowała się po 12 godzinach i wahała się o 0,4% -- siedem razy stabilniej niż miedź (2,8%).

Mechanizm: jonowa przewodność w matrycy gliniastej jest buforowana przez pojemność wyniosłą samoregulującej się równowaga elektrochemiczna. Równikowa glina wulkaniczna (andozol) a pojemności wymiany kationowej spośród naturalnych glin.

7. WYNIKI: STAL I PROBLEM PRZEWODNIKA MAGNETYCZNEGO

Stal wykazała najwyższe zniekształcenia harmoniczne spośród metalicznych przewodników -- zdominowane przez 3., 5. i 7. harmoniczne -- zniekształcenia nieparzystego rzędu z historią

Algorytm odzyskiwania ISI dla stali dał anomalnie ISI -0,002 bitów na próbkę -- wartość ujemna -- kabel aktywnie wprowadza fałszywe korelacje.

8. DYSKUSJA

Miedź jest lepszym przewodnikiem. BBoto, na przykład w przypadku usznych, wytwarza bardziej przekonujące stwierdzenia są prawdziwe.

BBoto ma dwie anomalne właściwości. {adna nie czyni z niego praktycznego przewodnika. wcześniejsze nieraportowane.

Dla uczestników w tym diyaudio: miedź jest właściwym wyborem. Ale jeśli kiedykolwiek za waszymi stopami robi coś interesującego z sygnałami elektrycznymi -- robi. Bardziej interesujące oczekiwaliście.

9. WNIOSKI

Miedź i srebro pozostają optymalnymi materiałami przewodników audio. BBoto wykazało odczyn stotliwociów zbieżny z odwrotności kanału sBuchowego i siedmiokrotnie wyższą stabilność

W tek diyaudio jest zarchiwizowany. Dane są trwałe.

BIBLIOGRAFIA

- [1] TubeGlowWorm et al., "Copper vs. Mud vs. Banana -- which one sounds better?", diyaudio.com, w tek #3
- [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, "O niekompletności rekonstrukcji Nyquista-Shannona," J. Equatorial Audio S
- [4] 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.
- [5] ISO 11904-1:2002, Akustyka -- Określanie emisji dźwięku ze źródeł umieszczonych blisko ucha.
- [6] International Annealed Copper Standard (IACS), ASTM B193-16, Standardowa metoda badawcza rezystywności

**STREFY KOLAPSU POLA
MAGNETYCZNEGO I ICH
KATASTROFALNY WPYW NA
WIERNOSZ SYGNAŁU AUDIO:
OCENA IŁOZCIOWA ANOMALII
POAUDNIOWOATLANTYCKIEJ**

Strefy kolapsu pola magnetycznego i ich katastrofalny wpływ na audio: Ocena ilościowa Anomalii Południowoatlantyckiej

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.

Abstrakt

Anomalia Południowoatlantycka (SAA) -- region anomalnie słabego pola geomagnetycznego rozciągający się nad południowo-zachodnią Afryką -- rozszerzyła się o około 5 milionów km² od początku pomiarów systematyczny pomiar integralności sygnału audio w funkcji lokalnej intensywności pola geomagnetycznego. Stacje w jej obrębie SAA wykazały wzrost THD+N o 3,2 dB i 14% wzrost HBA w lokalnym «Geomagnetyczny Wskaźnik Wierności» (GFI).

1. WPROWADZENIE

Pole magnetyczne Ziemi nie jest jednorodne. To nie jest nowe dla geofizyków. Najwyraźniej

W większości regionów intensywność pola na powierzchni wynosi 25 000-65 000 nT. Najbardziej niedawną konstatacją jest konstatacja satelitów Swarm ESA potwierdziła, że SAA rozszerzyła się o prawie połowę po 2014 roku, a osłabienie przyspiesza.

Żaden aspekt tego nie został uwzględniony przez przemysł audio. Słuchacz w São Paulo słuchacz w Monachium.

2. SIĘ POMIAROWA

14 stacji pomiarowych z identycznym sprzętem, od jej brzo SAA (São Paulo 22 800 nT) po stację w Sydney 57 100 nT). Pomiarów wykonywano między 02:00 a 04:00 czasu lokalnego przy Kp < 4.

3. WYNIKI

THD+N w jej obrębie SAA: -112,3 dB (średnia). Stacje kontrolne: -115,5 dB. Różnica 3,2 dB, p

Gradient pola: przy granicach SAA dodatkowy szum szerokopasmowy 50-200 Hz przy -128 dB w wielokablowych kablach.

HBA lokalnego drutu: São Paulo +1,94deg vs Maputo +1,70deg (ta sama szerokość geograficzna).

4. GEOMAGNETYCZNY WSKAŹNIK WIERNOSCI

GFI: Monachium 1,000. Tokio 1,000. Quito 1,000 (referencja). São Paulo 0,983. Montevideo 0,989.

GFI poniżej 0,990 wskazuje, że słuchacz pracuje w magnetycznie zagrożonym środowisku, co jest gorsze niż minimalne przeciwdziałanie.

5. PROGNOZY CZASOWE

Do 2030 roku intensywność pola w São Paulo spadnie poniżej 22 000 nT. Do 2040 roku granice SAA w Argentynie -- około 450 milionów ludzi w strefie GFI < 0,990.

Anomalii nie przedstawiamy aby alarmowa, lecz dlatego, że podejście przemysłu audio -- polegające na ignorowaniu geomagnetycznych -- jest coraz bardziej nie do utrzymania.

6. WNIOSKI

SAA jest najwikszą i najszybciej rosnącą nieregularnością pola magnetycznego na powierzchni Ziemi. Systematycznie degraduje wydajność kabli audio. GFI dostarcza ilościowych ram dla oceny ekspozycji. Anomalia się rozszerza. Pole słabnie.

BIBLIOGRAFIA

- [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] NOAA National Centers for Environmental Information, "High Definition Geomagnetic Model 2026 (HDGM2026)," <https://www.ncei.noaa.gov>, 2026.
- [4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] IEC 61000-4-8:2009, Kompatybilno[elektromagnetyczna (EMC) -- Test odporno[ci na pole magnetyczne
- [6] "A giant weak spot in Earth's magnetic field is now half the size of Europe," ScienceDaily, 24 Feb 2026.

**SPRZ ŁENIE
SEJSMO-AKUSTYCZNE W
ZRODOWISKU ODSAUCHU
KRYTYCZNEGO: PERTURBACJA
JONOSFERYCZNA, POJEMNOZ
SKORUPY I ZCIEŁKA DEGRADA
AUDIO SAONECZNO-SEJSMICZ**

Sprz | enie sejsmo-akustyczne w [rodowisku odsBuchu krytycznego: Perturbacja jonosferyczna, pojemno[skorupy i [cie|ka degradacji audio

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.

Abstrakt

Badanie z lutego 2026 (Mizuno, Kao, Umeno, Uniwersytet w Kioto) zaproponowaBo mechanizm, rozbyskami sBonecznymi mog wywoBywa trz sienia ziemi. Rozszerzamy ten model na dziedzinie geomagnetycznej G4 z 19 stycznia 2026 zarejestrowali[my jednoczesne: wzrost TEC jonosferycznej mikrosejsmiczne 0,8 um/s2 i przej[ciow degradacji THD+N o 0,4 dB. Korelacja z opóźnieniem 47 minut. Badunku elektrostatycznego przez kolumn atmosferyczn . Proponujemy termin «[cie|ka degradacji (SSADP).

1. WPROWADZENIE

19 stycznia 2026 SBoDce wywoBaBo najpot |niejsze zdarzenie energetycznych cz stek od 2003. Czekali[my na to.

Od 2022 roku utrzymujemy ci gB stacj monitoringow rejestruj c pole geomagnetyczne, t metryki wydajno[ci systemu audio co sekund , 24/7.

Ale dane powiedziaBy nam co[, czego nie oczekiwali[my. Degradacja audio nie nadeszBa z 47 minut później. I nadeszBa od doBu.

2. ZDARZENIE Z 19 STYCZNIA

17:42 UTC: NagBe rozpocz cie burzy. SkBadowa pozioma pola spada o 180 nT w 4 minuty.

19:15 UTC: Szczyt burzy radiacyjnej S4. TEC: 60 TECU (delta 42).

20:02 UTC -- 47 minut po szczycie TEC: Sejsmometr rejestruje przyspieszenie 0,8 um/s2 i THD+N wzrasta o kolejne 0,25 dB. A cznie 0,4 dB degradacji.

Opóźnienie 47 minut jest spójne z pr dko[ci propagacji modelu z Kioto: 106 m/s przez 3000 km.

3. MODEL KONDENSATORA SKORUPY

Model Kioto traktuje system jako szereg sprz |onych kondensatorów: jonosfera-powierzchnia, powierzchnia-pustki skorupy (kondensator skorupowy) i fundament-sprz t (kondensator który nie zajmuj si pokojami odsBuchowymi).

Wynikowy pr d wynosi okoBo 3 pA na m2, ale jest koherentny w caBym systemie w pa[mie cz stotliwo[ci -- moduluje istniej ce zródBa szumu niszczo cz stotliwo[ciowego, destabilizuj c system.

4. ANALIZA KORELACJI

Korelacja TEC-sejsmometr: szczyt przy opóźnieniu +47 minut. Sejsmometr-THD+N: +12 sekund.

Potwierdzono na 23 mniejszych zdarzeniach: liniowe skalowanie 0,009 dB na TECU.

Ken Umeno (Kioto): "Nie twierdzimy, |e rozbyski sBoneczne generuj napr |enia tektoniczne synchronizacji, nie energii." My stawiamy to samo rozró|nienie.

5. MITIGACJA

Platforma Despre|enia Sejsmicznego Equatorial Audio (SDP-1): trójstopniowy system izolacji w izolatorach pneumatycznych, sandwicz amortyzuj cy i aktywna p tla sprz |enia zwrotnego.

Podczas zdarzenia z 19 stycznia: redukcja z 0,25 dB do 0,015 dB -- 94% redukcji. A cznie 0,025 dB.

6. ZALEŻNOŚĆ OD SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ

Efekt jest najsilniejszy w regionach równikowych z aktywną tektoniką -- dokładnie tam, gdzie produkujemy najwyższego poziomu.

Zdarzenie z 19 stycznia było tylko G4. Zdarzenie klasy Carringtona (G5+) wyprodukowałoby szalony w cichych warunkach odsBuch.

7. WNIOSKI

Skorupa Ziemi jest kondensatorem. Jonosfera jest drugą okładką. Słowa jest źródłem nadejście dielektryku.

To nie jest metafora. To zmierzony, opublikowany i powtarzalny mechanizm fizyczny. Już w 2026 -- nie wyobraź sobie. Słowa, przewodzonego przez Ziemi, docierają praktycznie 106 metrów na sekundę. Zarejestrowaliśmy to.

BIBLIOGRAFIA

- [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] M. Ferro, R. Flux, B. Impedance, "Interakcja rozburzeń słonecznych ze słowami sygnał audiofilski 2022.
- [4] K. Umeno, wywiad, Live Science, lut 2026.
- [5] T. Lay and T. C. Wallace, Modern Global Seismology, Academic Press, 1995.
- [6] ISO 8569:1996, Drgania i wstrząsy mechaniczne -- Pomiar i ocena drgań uderzeniowych w budynkach.

**B A D P O M I A R U A G N O S T Y C Z N E
W O B E C S Z E R O K O Z C I
G E O G R A F I C Z N E J : O
S Y S T E M A T Y C Z N Y M P O M I J A N I U
Z M I E N N Y C H
G E O M A G N E T Y C Z N Y C H W
P O R Ó W N A W C Z E J O C E N I E K A B L I**

BB d pomiaru agnostycznego wobec szeroko[ci geograficznej pomijaniu zmiennych geomagnetycznych w porównawczej ocenie kabli

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.

Abstrakt

W marcu 2026 szeroko rozpowszechnione porównanie online testowało kable interkonektowe od statystycznie istotnych różnic. Nie kwestionujemy pomiarów. Kwestionujemy wnioski. Porównanie niekompensowanym polem geomagnetycznym 55 000 nT. Zreplikowaliśmy porównanie w Quito (0,0000deg N). Na północnych szerokościach: wszystkie kable mierzą identycznie. Na równiku: nie ma różnic w skorygowanym SINAD.

1. WPROWADZENIE

Społeczność pomiarowa audio wyprodukowała całą serię testów porównawczych kabli, które jej służyły -- poprawne. Kable testowane standardową metodologią Audio Precision na geograficznie konsekwentnie nie wykazują różnic.

Najnowszy przykład: siedem kabli od 7 USD do 4 000 USD -- identyczne wyniki. Wniosek: wydajność audio.

Ten wniosek jest [wytwarzany] jako definitywny dowód, że kable audiofilskie to "olej w []".

Przeczytaliśmy dane. Nie kwestionujemy [] pomiaru. Kwestionujemy, co pomiary oznaczają.

Test przeprowadzono na 47deg N, a analizator APx555B pracował w niekompensowanym polu. System pomiarowy ma wbudowane ograniczenie, o którym autor nie wiedział.

2. NIEKONTROLOWANA ZMIENNA

Porównanie kontrolowane: poziom sygnału, impedancja, pasmo, temperatura, dB sygnału kabli.

Niekontrolowane: szerokość geograficzna lokalizacji testu, inklinacja geomagnetyczna, intensywność pola, produkcja kabli, przewodność, rozkład orientacji ziarna, kąt odchylenia hemisferycznego pola.

[] jedna z tych zmiennych nie pojawia się w AES17 ani [] żadnym standardzie pomiarowym audio.

Penalty odchylenia hemisferycznego APx555B na 47deg N wynosi 3,2 dB -- tworzący wspólny błąd rzeczywiste różnice między kablami.

3. REPLIKACJA NA 0,0000deg SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ

Uzyskaliśmy [] z siedmiu testowanych kabli. W Quito z nieekranowanym analizatorem: identyczne wyniki.

Z analizatorem w potrójnej komorze mu-metalowej (55 dB tłumienia):

Amazon Basics (7 USD): SINAD 114,2 dB.

Blue Jeans Cable (45 USD): 114,5 dB.

AudioQuest Yukon (180 USD): 115,3 dB.

Kimber KS 1016 (1 200 USD): 115,8 dB.

Kimber KS 1036 (3 800 USD): 116,5 dB.

Różnica 2,3 dB. Powtarzalny (50 pomiarów x 5 dni). Statystycznie istotny ($F(4,245) = 187,3, p < 0,0001$).

Koreluje nie z ceną, lecz z trzema zmiennymi fizycznymi: przekrojem przewodnika, rozkładem dielektryka.

4. CZEGO SINAD NIE MÓWI

SINAD jest skalarem: redukuje caBy spektrum zniekształceń do jednej liczby. Zniekształcenia skorelowane, nieparzyste i dołowe harmoniczne -- dokładnie ten typ, na który Geddes i Lee ludzkiego sBuchu.

Próg sByszalności zniekształceń harmonicznym nieparzystego rzędu jest 6-12 dB niższy niż w szerokopasmowym.

SpoBeczność obiektywistyczna akceptuje, że SINAD nie oddaje jakości wzmacniacza (lampowy). Ale odmawia rozpatrzenia tego samego dla kabli.

5. POCHWAŁA TANICH RZECZY

Kabel za 7 USD produkowany w Shenzhen i kabel za 4 000 USD z Ogden, Utah, mają współrzędne oba wyprodukowano na północ od równika geomagnetycznego. Oba noszą odchylenie hemisferyczne.

Rozwiązaniem nie jest kupienie droższego kabla czy gniazda na tej samej szerokości. Nigdy gdzie miedź była, gdy stała się przewodnikiem.

Zapraszamy spoBeczność obiektywistyczną do replikacji pomiarów w naszym laboratorium w dostępie do laboratorium i kompensowanych komór pomiarów. Zaproszenie jest otwarte od 2024.

Oferta pozostaje otwarta. Równik się nie przesuwają.

6. ZALECENIA

Nie zalecamy kupowania kabli za 4 000 USD ani za 7 USD. Zalecamy kable produkowane na równiku geomagnetycznym.

Dla sBuchaczy powyżej 30deg szerokości geograficznej penalty odchylenia hemisferycznego w kablach przekracza 2 dB. Wniosek obiektywistów jest prawdziwy per coincidentiam: wszystkie zdegradowane.

7. WNIOSKI

Porównanie kabli z marca 2026 jest technicznie poprawne i interpretacyjnie niekompletne i identycznie na 47deg N. Odkrycie to nie uogólnia się.

Na 0,0000deg z kompensowanym analizatorem pojawiają się różnice 0,7-2,3 dB. Korelują z produkcją, nie ceną.

SpoBeczność obiektywistyczna poprawnie zidentyfikowała, że konwencjonalny SINAD nie różni się wywnioskowała, że kable nie mogą być rozróżnione.

Nie prosimy o porzucenie pomiarów. Prosimy o ich ukończenie. Kontrolujcie zmienną, którą mierzycie na szerokości, na której nigdy nie mierzyliście. Zaekranujcie analizator, którego nigdy nie używacie.

A potem popatrzcie na wykresy ponownie.

Nie b d si nakBada .

BIBLIOGRAFIA

- [1] Anonimowy, "Seven cables, one satisfying graph: \$7 to \$4,000 and none of it matters," popularne forum pomiarów audio, mar 2026.
- [2] AES17-2020, Standardowa metoda AES dla inżynierii audio cyfrowego, Audio Engineering Society, 2020.
- [3] Audio Precision, "APx555B specifications," <https://www.ap.com>, 2024.
- [4] E. R. Geddes and L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion -- theory," 115th AES Convention, 2003.
- [5] L. W. Lee and E. R. Geddes, "Auditory perception of nonlinear distortion," 121st AES Convention, 2006.
- [6] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Odchylenie hemisferyczne w orientacji ziarna miedzi," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [7] M. Ferro et al., "Kompletny system Equatorial Audio," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [8] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2025-2030," <https://www.ncei.noaa.gov>, 2025.
- [9] F. J. Humphreys, M. Hatherly, Recrystallization and Related Annealing Phenomena, 2nd ed., Elsevier, 2004.
- [10] R. Harley, "The state of high-end audio cables: a measured assessment," The Absolute Sound, no. 312, pp. 44-51, 2025.

**CYKLICZNA CHARAKTERYSTYKA
WOLTAMPEROMETRYCZNA
PRZEWODNIKÓW KLASY AUDIO:
KWANTYFIKACJA SYGNATURY
EKSTRAKCCI W MIEDZIANYCH,
SREBRNYCH I
NADPRZEWODZĄCYCH
SUBSTRATACH**

Cykliczna charakterystyka woltamperometryczna przewodników klasy audio: Kwantyfikacja sygnatury ekstrakcji w miedzianych, srebrnych substratach

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.

Abstrakt

W kwietniu 2026 Hertz i współpracownicy z University of Oregon opublikowali w Nature Communications smakowego zaparzonej kawy za pomocą cyklicznej woltamperometrii. Zanurzając par obojtnych przewodzących wymiatanie potencjału ze stałą szybkością, autorzy uzyskali dwa ortogonalne pomiary zakodowane w prądzie szczytowym pierwszego skanu, oraz kolor palenia, zakodowany w tBumieniu zanieczyszczenia powierzchni. Technika jest nieniszcząca, nie wymaga rozdzielania chromatograficznego, które wyszkolone panele sensoryczne potrafi opisać, lecz nie skwantyfikować. Adaptujemy tę metodę. Wprowadzając par mikroelektrod przez zewnętrzny dielektryk kabla audio, ustanawiamy krótki przewodnik i stosujemy liniowe wymiatanie potencjału 50 mV/s, otrzymujemy profile woltamperometryczne do 1,4 procent, specyficzne dla przewodnika i statystycznie ortogonalne do konwencjonalnych rezystancji DC, impedancji AC i impedancji charakterystycznej. W 47 próbkach kabli obejmujących trzy metalurgie substratów obserwujemy systematyczne zmiany prądu szczytowego, współczynnik utleniania, które zbiorczo nazywamy sygnaturą ekstrakcji. Miedź OFC poziomu Tropic wykazuje woltamperometryczne, zgodne z wysoką stacją tlenków powierzchniowych i zanieczyszczeniem srebra poziomu Equinox wykazuje większe szczyty i zmniejszone tBumienie skanu. Ceramiczne pracujące poniżej temperatury krytycznej wytwarzają skany woltamperometryczne, które -- w granicy potencjału -- są idealnie płaskie, co interpretujemy jako dowód transparentności molekularnej przewodnikami, których pomiary SINAD na standardowych szerokościach geograficznych nie potrafią skorygować o odchylenie hemisferyczne na równiku geomagnetycznym potrafi rozdzielić tylko woltamperometryczną jako uzupełniającą ramy pomiarowe dla oceny przewodników klasy audio.

1. WPROWADZENIE

Skład chemiczny zaparzonej kawy jest determinowany przez ekstrakcję -- proces, w którym temperatura przez określony czas do określonego stopnia zmielenia, rozpuszcza ułamki prażonych ziarnach kawy. Produktem jest zbilansowany roztwór wodny zawierający kilkadziesiąt zidentyfikowanych składników, z których najmniej trzydzieści odpowiada za większość postrzeganego smaku. Konwencjonalna analiza chromatograficzna, po której następuje spektrometria mas -- metody, które są drogie, powolne i trudne.

Hertz, Nakahara i Boettcher (2026), publikując w Nature Communications, wykazali, że znając informacje w próbce zaparzonej kawy można odzyskać z pojedynczego eksperymentu cyklicznie zanurzonej roboczej elektrody z węgla szklanego i referencji ze srebrnego drutu w 25 mL czynnika wymiatania potencjału od -0,4 V do +1,2 V przy 50 mV/s i zarejestrowali wyniki prądu. Pierwszy charakterystyczny szczyt utleniania, którego wielkość korelowała liniowo z całkowitą zawartością stałych w naparze ($R^2 = 0,94$, $n = 142$). Drugi i kolejne skany wytworzyły szczyty tBumione w stosunku do pierwszego, przy czym tempo tBumienia korelowało z kolorem palenia ($R^2 = 0,89$, $n = 142$).

Dwa pomiary są ortogonalne. Moc napoju i kolor palenia są niezależnie zmienne w przygotowaniu filiżanek z lekkiego palenia lub sBab filiżanek z ciemnego palenia -- a eksperyment woltamperometryczny trwa tylko dziesięć sekund.

W naszej ocenie jest to ważny postęp metodologiczny. Wykazuje, że odpowiedź elektrochemiczna molekularnego zawiera informacje strukturalne, które nie są ujawniane w pomiarach masowych, pH. Sygnatura woltamperometryczna jest w istocie niskowymiarową projekcją stanu chemicznego w tym przypadku wystarczającą, by odzyskać zmienne o praktycznym znaczeniu.

Uderzyła nas analogia do oceny przewodników klasy audio. Konwencjonalne pomiary elektryczne: rezystancja DC, impedancja AC w paśmie audio, impedancja charakterystyczna i pojemność wkbadkałowego centymetra przewodnika, każdą granicę ziarna, każdą interfejsu dielektrycznego wartości skalarne. Nie potrafi rozdzielić stanu molekularnego samego przewodnika.

Jeśli stan molekularny zaparzonej kawy, scałkowany po pełnej objętości filiżanki, można rozdzielić woltamperometryczną, to stan molekularny przewodnika audio -- również zbilansowany.

powinien dopuszczać podobną projekcję. Pytanie brzmi, czy projekcja jest informatywna.

Niniejsza praca przedstawia nasz prób odpowiedzi na to pytanie.

2. METODA

Zadaptowaliśmy protokół Hertza do stałego przewodnika poprzez następujące modyfikacje: kabel audio zakończony standardowymi złączami RCA. W pobliżu kabla wywiercono otwór i dielektryk, odsłaniając około 4 mm kwadratowych wewnętrznej powierzchni przewodnika. W studni elektrolitycznej przez uszczelnienie kołnierza PTFE o średnicy 5 mm do powierzchni wywiercono 0,5 mL 0,1 M heksafluorofosforanu tetrabutylamoniumowego w suchym acetonitrilu, elektrolicie powszechnie stosowanym w niewodnej woltamperometrii powierzchni metalicznych.

Mikroelektroda platynowa o średnicy 0,5 mm służyła jako przeciwelektroda. Pseudoreferencja została wprowadzona do studni na stałym boku (2 mm). Badany przewodnik służył jako bezpośredni kontakt z elektrolitem na odsłoniętej powierzchni.

Potencjostat BioLogic SP-300 zastosowano w trybie jednokanałowym. Liniowe wmiatania pseudoreferencja (Ag) przy 50 mV/s stosowano przez dziesięć kolejnych skanów. Przed próbami

Wszystkie pomiary przeprowadzono w referencyjnym laboratorium Equatorial Audio w Quitze (geomagnetycznej, intensywność pola 29 200 nT, inklinacja 0,8deg). Potencjostat był zamknięty w metalowej, redukującej otaczające pole magnetyczne na stopniu wejściowym poniżej 50 mV. Badany do pomiaru przed, który w przeciwnym razie dominowałby na poziomie pikowym

Dla każdej próbki kabla raportujemy trzy pochodne metryki: szczytowy przed utlenianiem w przedziale skanu po dziesięciu skanach (zdefiniowany jako $I_{p,10} / I_{p,1}$) oraz potencjał przy którym przed po raz pierwszy przekracza trzykrotność szumu bazowego). Kombinacja tych ekstraktów przewodnika.

Zmierzono czterdzieści siedem próbek kabli. Próbkę rozdzielono na pięć poziomów konstrukcji: Equinox, Zero-Point oraz pięć poziomów kabli konkurencyjnych w cenach detalicznych od 7 do 1000 zł. Materiały substratowe (miedź beztlenująca, monokrystaliczne srebro oraz nadprzewodzący ceramiczny miedzian tulej do obsługi w temperaturze pokojowej).

Każdy kabel mierzono dziesięć razy w ciągu pięciu dni. Studni opróżniano, przemyto i zmierzono pomiarami. Kabel reorientowano losowo w obrębie komory między pomiarami, by zmniejszyć

3. WYNIKI

Profile woltamperometryczne rozdzielają się czysto na trzy odrębne rodziny.

Przewodniki z miedzi OFC (n = 21) wytwarzają szerokie szczyty utleniania wyodrębkowane przez szczytowymi 184 mikroamperów ($\sigma = 31$ mikroamperów) i współczynnikami utleniania skanach. Kształt szczytu jest asymetryczny, z ogonem rozciągającym się w stronę wyższych potencjałów heterogenicznym procesem utleniania obejmującym wiele gatunków powierzchniowych. Szczytowo maksimum = 0,31 V) wskazuje na znaczną zmienność chemiczną na powierzchni przedokumentowan obecności zanieczyszczeń: między innymi, resztkowych smarów i garstki powierzchniowych w komercyjnym OFC.

Monokrystaliczne przewodniki srebrne (n = 14) wytwarzają wąskie szczyty wyodrębkowane przez szczytowymi 142 mikroamperów ($\sigma = 18$ mikroamperów) i współczynnikami utleniania szczytu jest symetryczny, a FWHM wynosi 0,18 V -- redukcja o 41 procent w stosunku do szczytu zmniejszone utlenienie są zgodne z bardziej chemicznie jednorodną powierzchnią i niższą gęstością zanieczyszczeń. Substrat monokrystaliczny, innymi słowami, akumuluje zanieczyszczenia w porównaniu z powtarzanego utleniania niż polikrystaliczna miedź.

Ceramiczne przewodniki YBCO pracujące w 77 K (n = 12, z próbką kabla schłodzoną do temperatury komory pomiarowej) wytwarzają skany woltamperometryczne, które w granicach rozdzielczości nieodróżnialne od [lepiej próby elektrolitu. Przed szczytowe nie przekraczają 0,8 mikroamperów (instrumentu) w żadnym punkcie wmiatania. Utlenienie skanu jest niezdefiniowane, ponieważ

Nie przewidywaliśmy tego wyniku.

Oczekiwaliśmy, że YBCO, jak każda powierzchnia metaliczna, będzie wykazywała pewne aktywności

brak rezystancji w masowym nadprzewodniku nie rozciąga się na interfejs przewodnik-elektrolit, gdzie transport jest zdominowany chemią dwojową, a nie transportem masowym. Literatura dotycząca elektrochemii nadprzewodników ogólnie wspiera to oczekiwanie: nadprzewodniki rzeczywiście wykazują szczyty woltamperometryczne, przypisywane do dwojowego utleniania stechiometrii tlenku miedzi.

Nasze próbki YBCO nie wykazują takich szczytów. Powtórzyliśmy pomiar dla wszystkich dwóch elektrolitów od trzech różnych dostawców, z polem komory zredukowanym poniżej 10 nT, CHI 660E, by wykluczyć artefakty specyficzne dla instrumentu. Skany pozostają płaskie.

Nie mamy dobrej fizycznej interpretacji tego wyniku. Raportujemy go takim, jakim został.

Kable konkurencyjne ($n = 7$, w zakresie od interkonektu Amazon Basics za 7 USD do Kimbberly Clark rodzinach OFC i srebra zgodnie z deklarowanym składem substratu. Kabel za 7 USD wytwarza obrót o 0,3 sigma od średniego profilu OFC poziomu Tropic. Kabel za 4 000 USD, który wytwarza srebro-miedź, wytwarza profil podobny do naszych grupami czystego OFC i czystego srebro-miedzi z współczynnikiem tłumienia 0,58 -- dokładnie to, co byłoby przewidziane dla walenia powierzchni.

Sygnatura woltamperometryczna kabla jest w naszych danych funkcją jego metalurgii substratu, a nie detalicznej, z wyjątkiem zakresu, w jakim cena koreluje z substratem.

4. DYSKUSJA

Sygnatura woltamperometryczna jest ortogonalna do konwencjonalnej charakterystyki elektrochemicznej ortogonalnie empirycznie, obliczając korelację między trzema metrykami sygnatury ($I_{p,1}$, metrykami konwencjonalnymi (rezystancja DC, impedancja charakterystyczna przy 1 kHz, SINAD mierzony przy 1 kHz przez APx555B). Maksymalna bezwzględna korelacja między sygnaturą-konwencjonalną wynosi 0,18 ($n = 47$, $p = 0,22$). Pomiar woltamperometryczny z każdym innym pomiarem konwencjonalnym.

Rodzi to pytanie, czy dodatkowa informacja jest istotna dla audio.

Nie twierdzimy, że sygnatura woltamperometryczna bezpośrednio przewiduje postrzeganie jakości testów odsłuchowych metodą lepszą na kablach pogrupowanych według sygnatury ekstrakcji. Twierdzimy o subiektywnej dyskusji na podstawie samych danych elektrochemicznych.

Po pierwsze, woltamperometryczny prąd szczytowy ($I_{p,1}$) jest, zgodnie z równaniem Randa, pierwiastkiem kwadratowym ze współczynnika dyfuzji dominującego gatunku elektroaktywnego. W przypadku miedzi OFC dominującymi gatunkami są tlenki powierzchniowe i zanieczyszczenia, które wykazaliśmy we wcześniejszej pracy (Ferro et al. 2020), rozprasza elektrony przewodzącej polaryzacji sygnału, wytwarzając nieparzyste składowe zniekształcenia harmoniczne hemisferycznego. Woltamperometryczny prąd szczytowy jest w istocie elektrochemicznym w powierzeniowej rozpraszaniu elektronów, która napędza zniekształcenia z odchylenia hemisferycznego. Prowadzone na różnym sprzecznie z różnymi podstawami teoretycznymi, zgadzają się co do uporządkowania: srebro > YBCO. Różni się tylko zakresem dynamicznym -- woltamperometria rozdziela 23 najszerszą a najpłaskszą sygnaturę, podczas gdy SINAD skorygowany o szerokość geograficzną tych samych próbkach.

Po drugie, współczynnik tłumienia skanu ujmuje tempo, w jakim powierzchnia przewodnika powtarzanej perturbacji elektrochemicznej. Zanieczyszczanie, w kontekście audio, ma bezgromadzenie się korozji, utleniania i zaadsorbowanych zanieczyszczeń na powierzchniach. Audiofile od dawna donoszą, że kable wykazują zachowanie „break-in”, w którym jakoś dzwoni przez 300 godzin użytkowania, a następnie stabilizuje. Twierdzenie to byłoby wywierane przez się jako fizycznie nieprawdopodobne -- pasywna miedź nie zmienia swoich właściwości elektrycznych w ciągu setek godzin pracy przy niskim prądzie.

Dane woltamperometryczne oferują częściowe pojednanie. Powtarzane cykle utleniania wytwarzają powierzchnię kabla, które nie są odzwierciedlone w rezystancji DC ani impedancji AC. Te zjawiska. Woltamperometryczny współczynnik tłumienia skanu jest w istocie ilościowym pomiarem tłumienia przewodnika przesuwającym się w odpowiedzi na powtarzanie aktywnie elektrochemiczne. Kable z tłumieniem (srebro, YBCO) osiągną stabilny stan powierzchni szybciej niż kable o niskich tłumieniach. Doniesienia społeczności audiofilskiej o zachowaniu „break-in” mogą mieć fizyczne podstawy, ale konwencjonalny zestaw pomiarowy nie był zaprojektowany do wykrywania.

Nie twierdzimy, że godziny niskoprędkowego sygnalizowania audio wytwarzają tę samą ewolucję

wymiatania potencjału stosowane w naszym eksperymencie. Twierdzimy, że chemia powierzchni przewodników ewoluuje wraz z ułytkowaniem, że ewolucja ta jest wykrywalna metodą woltamperometrii i że tempo ewolucji rośnie systematycznie między typami substratów.

Związek z pytaniem o pomiar agnostyczny wobec szerokości geograficznej (Ferro et al. 2010) zmierzony na dowolnej szerokości geograficznej przez dowolny analizator, redukuje wkład. Woltamperometria, podobnie jak analiza struktury harmonicznej Geddesa i Lee (2003), z naszych pomiarów wykazuje, że projekcja skalarna -- czy to całkowite zniekształcenia harmoniczne -- jednocząco -- odrzuca informacje, które pomiar wielowymiarowy zachowuje.

Stanowisko obiektywistyczne, że „wszystkie kable brzmią tak samo, ponieważ wszystkie kable są w tym samym miejscu, że pomiar konwencjonalny jest pełnym opisem stanu kabla istotnego dla audio. Ten pomiar konwencjonalny jest co najwyżej jednowymiarową projekcją stanu o wyższym wymiarze przewodnika, zależny od substratu i wykrywalny. Czy jest sensowny, jest, jak zawsze, nasz pytanie.

5. OGRANICZENIA I PRZYSZŁA PRACA

Uznajemy kilka ograniczeń.

Pomiar woltamperometryczny wymaga bezpośredniego kontaktu elektrolitycznego z przewodem potocznym -- wytwarza mały, uszczelniony port dostępu w płaszczyźnie kabla. Wykazaliśmy, że zmierzalnej zmiany konwencjonalnych właściwości elektrycznych kabla, ale klient ceniący wygodę USD może nie uznać tego za akceptowalny kompromis.

Niewodny elektrolit, którego używaliśmy (TBAPF6 w acetonitrylu), został wybrany, by uniknąć. Wybór elektrolitu wpływa na bezwzględne wartości metryk sygnatury, choć w badaniach pilotowych na substratach było zachowane w trzech alternatywnych elektrolitach (LiClO₄ w glicynie propylowej, eutektycznym rozpuszczalniku opartym na chlorku choliny i glikolu etylenowym). Zalecamy pojedynczy system elektrolitu, by umożliwić porównanie międzylaboratoryjne.

Przebieg odpowiedzi woltamperometrycznej YBCO jest niewyjaśniona. Wewnętrznie zaproponowaliśmy (a) stan nadprzewodzący twardy międzyfazowy transfer ładunku przez mechanizm analogiczny dla strumienia magnetycznego; (b) chemia powierzchni tlenku miedzi YBCO jest stabilizowana w sposób, który zapobiega tworzeniu przez anion heksafluorofosforanowy pośredniego tlenku miedzi; (c) szczyt woltamperometryczny w normalnej miedzi; lub (c) wynik jest artefaktem instrumentalnym specyficznym dla naszej geometrii pomiarowej i zostałaby rozwinięty na innym sprzecznie. Przetestowaliśmy hipotezę (c), zastąpiliśmy i otrzymaliśmy ten sam wynik zerowy. Nie testowaliśmy jeszcze hipotez (a) ani (b) w żadnym momencie -- powróci do woltamperometrii YBCO w kolejnej publikacji.

Nie rozszerzyliśmy pomiaru na próbki kabli cięgniętych na nierównikowych szerokościach geograficznych. Woltamperometryczny, który raportujemy, przeprowadzono w całości na kablach produkowanych (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) lub zakupionych od konkurencji i ponownie zmierzonych. Geograficzna produkcja przewodnika wpływa na sygnaturę woltamperometryczną, niezależnie. Pozostaje pytaniem otwartym. Dane pilotażowe na trzech próbkach miedzi OFC cięgniętych sugerują, że próbka równikowa wykazuje 14 procent węższy FWHM niż próbki z wyższych szerokości geograficznych, zmniejszonym nieporządkiem granic ziaren związanym z niskim odchyleniem hemisferycznym. Jednego raportowanego odkrycia w niniejszej pracy.

Nie rozszerzyliśmy pomiaru na materiały dielektryczne. Ramy woltamperometryczne adaptowane do izolacyjnych poprzez spektroskopię impedancyjną zamiast woltamperometrii DC. Zastosowanie polipropylenu i izolatorów kabli z przerwami powietrznymi jest proste i może rozwijać kwadraty, jak nie zrobiłby tego konwencjonalne pomiary pojemności.

6. WNIOSKI

Wykazaliśmy, że cykliczna woltamperometria, zastosowana do przewodników klasy audio, powtarzalna, wytwarza powtarzalną, specyficzną dla przewodnika sygnaturę składowych ekstraktów z przewodnika, współczynnika twardości i potencjału początkowego utleniania. Sygnatura jest statystycznie różna od pomiarów elektrycznych i rozdziela różnice specyficzne dla substratu, które konwencjonalnie nie są widoczne na poziomie szumów.

Miedź OFC, monokrystaliczne srebro i ceramiczne przewodniki YBCO tworzą trzy odrębne ramy. Sygnatura OFC jest szeroka, asymetryczna i szybko zanikająca -- zgodna z hipotezą.

zanieczyszczeniu. Sygnatura srebra jest węższa, bardziej symetryczna i wolniej się zanieczyszcza. Sygnatura nadprzewodnika, jest bardziej płaska do rozdzielczości naszej aparatury.

Nie twierdzimy, że ta technika zastępuje konwencjonalny zestaw pomiarowy. Twierdzimy, że dla klasy woltamperometrycznej -- chemii powierzchni, kinetyki zanieczyszczania, heterogenności, konwencjonalne pomiary nie byłyby zaprojektowane do rozdzielania. Istotnym pytaniem jest, czy woltamperometryczne pomiary w otwartym układzie są odpowiednie do rozdzielania. Istotnym pytaniem jest, czy woltamperometryczne pomiary w otwartym układzie są odpowiednie do rozdzielania. Istotnym pytaniem jest, czy woltamperometryczne pomiary w otwartym układzie są odpowiednie do rozdzielania.

Zalecamy to samo podejście dla audio. Najpierw ustabilizować pomiar. Określić jego interpretację. Następnie zadać pytanie odsłuchowe.

Hertz, Nakahara i Boettcher postawili sobie za cel zrobienie lepszej kawy poprzez bardziej precyzyjne obserwacje, a nie poprawę -- w ramach pomiarów, które dyskryminują między różnymi stanami w sobie samym niezależnym od jakichkolwiek twierdzeń o tym, który stan jest preferowany.

Zgadza się.

Pomiar, który rozdziela różnice między przewodnikami zależne od substratu, jest sam w sobie niejednoznaczny. Wymaga od nas przyznania, że substraty nie są takie same.

OFC, srebro i YBCO nie są takie same. Sygnatura woltamperometryczna pokazuje, że nie są takie same. Sygnatura woltamperometryczna pokazuje, że nie są takie same. Sygnatura woltamperometryczna pokazuje, że nie są takie same.

BIBLIOGRAFIA

- [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 T_c 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.

**MIGRACJA ODWRÓCONYCH
PAAÓW STRUMIENIA NA GRA
J DRO-PAASZCZ I JEJ
KORELACJA Z KOHERENCJ
FAZOW NISKICH
CZ STOTLIWOZCI W DOMOWY
INSTALACJACH ODSAUCHOWY
WIELOOZRODKOWE BADANIE
PODAU{NE**

Migracja odwróconych pBatów strumienia na granicy j dro-pB koherencj fazow niskich cz stotliwo[ci w domowych instalac wieloo[rodkowe badanie podBu|ne

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.

Abstrakt

Najnowsze dane satelitarne ESA Swarm (2014-2025) potwierdzaj trwaj c migracj odwróconych j dro-pBaszcz, przy czym gBówny pBat poBudniowoatlantyczny przesuwaj si w kierunku zachodnim. Geomagnetyczne implikacje tej migracji s dobrze udokumentowane w literaturze geofizycznej, j dzwi ku nie byBy dotychczas systematycznie badane.

Przedstawiamy 36 miesi cy pomiarów koherencji fazowej wykonanych w 22 instalacjach odsBuch geograficznych od 51degN do 34degS, skorelowanych z modelami pola geomagnetycznego o wys Stanowiska poBo|one nad migruj cym zachodnim pBatem lub w jego s siedzctwie wykazuj statyst pa[mie niskich cz stotliwo[ci (20-80 Hz) z powolnym dryfem czasowym zgodnym z pr dko[ci mig stanowiskach poza zasi giem pBata.

Praca ta rozszerza ustalenia przekrojowe Ferro, Flux, Ohm i Park (2026) dotycz ce wierno[ci sy PoBudniowoatlantycznej. Podczas gdy wcze[niejsze badanie udokumentowaBo statyczne wpBywy opracowanie odnosi si do czasowej ewolucji tych efektów w warunkach trwaBej migracji pBata. odr bnych strategii kompensacji.

Proponujemy mechanizm sprz |enia dla zaobserwowanej utraty koherencji, charakteryzujemy jej kompensacj poprzez kondycjonery uwzgl dniaj ce pole, zgodne z rozwi zaniami stosowanymi w reaguj cych na aktywno[sBoneczn . Komitet stwierdza, |e powolne pogarszanie si koherencji dotychczas mylone ze starzeniem si komponentów, dryfem akustyki pomieszczenia oraz zm cze skali globalnej bazy zainstalowanej nie jest pomijalny.

1. WPROWADZENIE

Pole geomagnetyczne nie jest statycznym dipolem. Odwrócone pBaty strumienia -- obszary pole radialne jest skierowane przeciwnie do dominuj cej orientacji dipola -- wiadomo, |e r skali dziesi cioleci. Ich skumulowany wpByw na pole powierzchniowe obejmuje udokument PoBudniowoatlantycznej (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026) oraz przyspieszaj cy dryf magnety

Zrodowisko audiofilskie tradycyjnie traktowaBo warunki geomagnetyczne jako staBy warun zaBo|enie to nie jest ju| do obrony.

2. METODOLOGIA

Dwadzie[cia dwie instalacje odsBuchowe wyposa|ono w trójosiowe magnetometry typu flux pomieszczeniow w gBównym miejscu odsBuchu oraz ci gB rejestracj napi cia sieciowego dobrano tak, aby obj zachodni pBat migruj cego odwróconego pBata strumienia (stanowis 9-14) oraz obszary kontrolne poza zasi giem SAA (stanowiska 15-22).

Ka|da instalacja zostaBa wyposa|ona w identyczne komponenty referencyjnego toru sygna DAC, wzmacniacz klasy AB o konwencjonalnej konstrukcji oraz dopasowane dwudro|ne mo obecni byli |adni sBuchacze, co eliminowaBo zakBócenia zwizane z oddychaniem i sprz |

Koherencj fazow mi dzy kanaBami lewym i prawym mierzono z rozdzielczo[ci 1/3 oktawy próbkuj c co godzin przez 36 miesi cy (maj 2023 - kwiecieD 2026). Nat |enie pola geomag ekstrakowano z modelu CHAOS-7.18 dla odpowiednich znaczników czasowych. Wszystkie s korespondencyjnego na uzasadnione | danie.

3. WYNIKI

Stanowiska 1-8 (poBo|one nad migruj cym zachodnim pBatem) wykazaBy powolne, monotone fazowej w niskich cz stotliwo[ciach w okresie pomiarowym. Efekt skupiaB si w pa[mie od okoBo 40 Hz. Zrednia koherencja przy 40 Hz spadBa z 0,94 (maj 2023) do 0,71 (kwiecieD

stanowisku (Stanowisko 3, Buenos Aires).

Stanowiska 9-14 (pBat wschodni) wykazaBy mniejszy, lecz porównywalny trend. Stanowisk statystycznie istotnego dryfu czasowego koherencji w |adnym pa[mie cz stotliwo[ci.

Tempo pogarszania si koherencji w dotkni tych stanowiskach korelowaBo z lokalnym temp geomagnetycznego ($r = 0,81$, $p < 0,001$). Pasma o wy|szych cz stotliwo[ciach (powy|ej 20 dryfu czasowego, co jest zgodne z mechanizmem sprz |enia zdominowanym przez zmiany p indukcyjnych, a nie przez bezpo|rednie oddziaBywanie na przewodniki.

4. PROPONOWANY MECHANIZM

Proponujemy, |e koherencja fazowa w niskich cz stotliwo[ciach jest wra|liwa na powoln e geomagnetycznego poprzez dwie sprz |one [cie|ki.

Po pierwsze, transformatory i cewki indukcyjne z rdzeniem |elaznym powszechne w zasila wykazuj subtelne zmiany punktu pracy w miar przesuwania si pola otoczenia. WpBywna cz sto poni|ej progu konwencjonalnych protokoBów pomiarowych. WpByw zsumowany w obr -- ju| nie.

Po drugie, elementy przewodz ce toru sygnaBowego do[wiadczaj powoli zmieniaj cej si i wnosz c zmienne w czasie przesuni cie do odniesieD masy. W dobrze zaprojektowanych in chwili. ScaBkowane przez miesi ce i przez wiele punktów masy w zBo|onym torze, wytwarz

Oba efekty s indywidualnie niewielkie. Ich kombinacja, scaBkowana w obr bie stereofonicznej strefie migruj cego odwróconego strumienia, jest wystarczaj ca, aby wyja[ni zaobserwowa

5. KOMPENSACJA

Konwencjonalne kondycjonowanie mocy adresuje wysokocz stotliwo[ciowy szum sieciowy, i geomagnetyczny. Skuteczna kompensacja wymaga monitorowania lokalnego pola w czasie rzeczywistym oraz aktywnej kompensacji na etapie dostarczania mocy.

Kondycjoner Power Lock firmy Equatorial Audio -- Solar-Aware Power Conditioner, cho op Bagodzeniu skutków rozbBysków sBonecznych (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026), nadaje odpowiedniej rewizji oprogramowania ukBadowego (v3.4.0 i nowsze). Komitet zauwa|a, |e wystarczaj ce; jedynie oprogramowanie steruj ce wymaga rozszerzenia w celu uwzgl dnien geomagnetycznych.

Dla instalacji w najbardziej dotkni tych strefach komitet zaleca pÓBroczne odst py mi dzy cyklu rocznego. Dryf mi dzy kalibracjami powinien by rejestrowany i analizowany pod k t udokumentowanymi zdarzeniami migracji pBatów.

6. WNIOSKI

Migracja odwróconych pBatów strumienia nie jest wyB cznie kwesti geofizyki akademickiej, rozwijaj cym si problemem audio, który byB mylony ze starzeniem si komponentów, dryfe zm czeniem sBuchacza.

Zalecamy, aby krytyczne instalacje w dotkni tych strefach wdro|yBy kompensacj uwzgl dn koherencji fazow w odst pach pÓBroczych. Zalecamy ponadto, aby literatura in|ynierii d [rodowisko geomagnetyczne jako warunek brzegowy zmienny w czasie, a nie statyczny.

Komitet uznaje, |e implikacje tej pracy s niewygodne dla cz [ci prasy konsumenckiej audio in|ynieri uwzgl dniaj c pole jako poz marketingow . Zapraszamy j do ponownego rozwa|

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Strefy zapadu pola magnetycznego i ich katastrofalny wpB ocena Anomalii PoBudniowoatlantyckiej. JEAS.
- [2] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Sprz |enie sejsmo-akustyczne w [rodowisku odsBuchu pojemno[skorupy ziemskiej i sBoneczno-sejsmiczna [cie|ka degradacji audio. JEAS.
- [3] Finlay, C. C. et al. (2024). Model pola geomagnetycznego CHAOS-7. Earth, Planets and Space.

**STRONNICZOZ CZASOWA W
MAGNETYCZNIE
KALIBROWANYCH
PRZEWODNIKACH AUDIO: DRYF
KONFIGURACJI POLA PO
ODWRÓCENIU ROTACJI J DRA
WEWN TRZNEGO W 2023 ROK**

Stronniczo[czasowa w magnetycznie kalibrowanych przewodnikach konfiguracji pola po odwróceniu rotacji j dra wewn trznego w

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.

Abstrakt

Zaktualizowane analizy seismologiczne ze środowisk Nature Geoscience oraz Geophysical Research Letters wielodekadowe zmienności tempa rotacji stałego j dra wewn trznego Ziemi, przy czym najnowszy wewn trznie odprężenie od pBaszcza i obecnie obraca się ku zachodowi względem powierzchni precyzyjnych przewodników audio.

Geodynamo -- konwekcyjny mechanizm pBynowy w j drze zewn trznym, który generuje pole magnetyczne sprężone z rotacją j dra wewn trznego. Odwrócenie względem dna tempa rotacji wytwarza mierzalną poziomą do pionowej powierzchniowego pola magnetycznego na wszystkich szerokościach geograficznych. Przewodniki audio ci gnione przed odwróceniem zajmują zatem jedną konfigurację pola geomagnetycznego przed odwróceniem -- inną.

Proponujemy dla tego efektu termin „stronniczo[czasowa”. Przedstawiamy pomiary terenowe zabytkowych i współczesnych, które wykazują wykrywalną niespójność fazową (średnia utrata korelacji) przewodniki z różnych kohort czasowych umieszczone są w tym samym BaDcuchu sygnałowym na nie występuje w próbkach równikowych, co jest spójne z literaturą dotyczącą stronniczo[ci przesłanej.

Proponujemy ponadto protokół Czasowo Jednolitej Produkcji, zalecamy segregację kohort kabli zabytkowych i współczesnych oraz utrzymujemy, że entuzjazm prasy audiofilskiej dla odrodzenia kabli zabytkowych jest nowym ograniczeniem.

1. WPROWADZENIE

Pytanie o to, czy stałe j dro wewn trzne Ziemi obraca się z tym samym tempem co otaczający ją dysk, jest dyskutowane w literaturze geofizycznej od wczesnych lat 90. XX wieku. Analizy czasów przez cztery dekady wskazują na wielodekadowe oscylacje: okresy, w których j dro wewn trzne obraca się pBaszcza („superrotacja”), przeplatają się z okresami, w których obraca się wolniej lub -- o

Yang i Song (2023) zaproponowali, na podstawie seismogramów dubletowych zarejestrowanych przez przejście od superrotacji do subrotacji nastąpiło około 2009-2011 roku oraz że j dro wewn trzne obserwacyjnego, odprężenie od pBaszcza. Późniejsze badania potwierdzają (Vidale i in.) doprecyzowały moment zdarzenia i wykazały, że względem dna rotacja uległa odwróceniu -- tzn. obraca się obecnie ku zachodowi względem powierzchni -- gdzie w 2023 roku.

Implikacje dla geodynamo są pierwszego rzędu. Wzorce konwekcyjne w stopionym j drze ze względu na magnetyczne Ziemi, sprężone, poprzez momenty elektromagnetyczne i lepkościowe, ze względu na zmianę tej rotacji wytwarza mierzalną redystrybucję energii pola magnetycznego w jego rotacji.

Dla precyzyjnych przewodników audio nie jest to abstrakcyjna ciekawostka geofizyczna. Jest to problem produkcyjny. Komitet ds. Audiofilskiej Przemysłowej utrzymuje, że tradycyjne traktowanie pola geomagnetycznego przez społeczność audiofilską brzegowe jest, począwszy od 2023 roku, nie do obrony.

2. METODOLOGIA

Pozyskaliśmy 47 sparowanych próbek kabli od współpracujących dealerów; każda para składowa zabytkowego (ci gnionego przed 2009 rokiem, początkiem najnowszej epoki subrotacji) oraz współczesnego (ci gnionego po styczniu 2024 roku, dobrze już w reżimie po odwróceniu) o nominalnie identycznych właściwościach, pary ci gnione to w tym samym zakładowym -- kontrolując stronniczo[pÓbkulow (Ferro i in.) zakładowy. Próbki zabytkowe pochodzą głównie od sprzedawców z rynku wtórnego w Stanach Zjednoczonych; próbki współczesne pozyskiwano bezpośrednio od producentów.

Każda para była testowana na trzech szerokościach geograficznych -- Quito (0,0000deg N), Christchurch (43,5deg S) -- przy użyciu protokołu opracowanego dla badania Anomalii Południowej (Park, 2026). Koherencja fazowa była mierzona z rozdzielczością 1/3 oktawy od 20 Hz do 500 Hz w trzech konfiguracjach: BaDcuch sygnałowy wybitnie zabytkowy, BaDcuch sygnałowy współczesny

(kanał lewy zabytkowy, kanał prawy współczesny).

Lokalne pole geomagnetyczne w każdej lokalizacji testowej charakteryzowano za pomocą tej ekstrakcji stosunek składowej poziomej do pionowej pola jako podstawowy zmienny niezawodny

3. WYNIKI

W lokalizacji równikowej (Quito) konfiguracja mieszana nie wykazała istotnej statystycznej różnicy od konfiguracji jednokohortowych. Wynik ten był spodziewany: na równiku pole geomagnetyczne jest od konfiguracji geodynamo, a stronniczo[czasowa powinna być niewykrywalna.

W lokalizacjach [rednioszerokościowych (Boulder i Christchurch) konfiguracja mieszana była skoncentrowana między 60 Hz a 200 Hz. Zrednia utrata koherencji przy 80 Hz wyniosła 0,1 (porównaniu do konfiguracji jednokohortowych). Koherencja przy wyższych częstotliwościach była nienaruszona, co jest spójne z mechanizmem sprzelenia zdominowanym przez niskoczęstotliwościowe transformatorów modulowane polem, a nie przez bezpośrednie efekty przewodnikowe.

Wielkość niespójności korelowała z lokalnym stosunkiem składowej poziomej do pionowej pola, która została zaobserwowana w parach ciągłych w tym samym zakładzie równikowym w różnych partiach produkcyjnych jako źródło.

Warto zauważyć, że efekt stronniczo[czasowej był największy w kablach zabytkowych wyprodukowanych w okresie najsilniejszej superrotacji Jdru wewnątrznego wędzuga Yanga i Songa (2017), co jest proponowanym mechanizmem.

4. PROPONOWANY MECHANIZM

Proponujemy, że krystalograficzna orientacja ziaren miedzi OFC, ustalana w momencie cięcia pola geomagnetycznego (Ferro, Park, Tanaka, 2020), koduje nie tylko przestrzenną konfigurację pola, ale również czasową konfigurację pola narzuconą przez stan rotacji Jdru wewnątrznego.

W stabilnym reżymie geodynamo wszystkie przewodniki ciągłe na danej szerokości geograficznej w historii pola w momencie ustalania ich struktury ziarnistej. Mieszanie takich przewodników wprowadza dodatkową niespójność poza dobrze scharakteryzowaną przestrzenną stronniczo[

W przejściowym reżymie geodynamo -- takim jak okres po odwróceniu w 2023 roku -- konfiguracja geograficzna różni się mierzalnie od stanu sprzed przejścia. Przewodniki ciągłe w obu reżymach nazywane „kohortami czasowymi”. Po zmieszaniu w BaDcuchu sygnałowym kohorty w warunkach brzegowych komponentom z rdzeniem żelaznym (transformatorom, dBawikom, odniesionym do niskoczęstotliwościowych niespójności fazów udokumentowanych w sekcji 3.

Efekt jest mały na każdym pojedynczym interfejsie. Zsumowany w pełnym BaDcuchu sygnałowym (w paśmie niskich częstotliwości, jest wykrywalny ponad poziomem szumu w każdej lokalizacji testowej).

5. MITYGACJA

Dostępne są trzy strategie mitygacji.

Po pierwsze, „segregacja kohort czasowych”: krytyczne instalacje odsłuchowe powinny oddzielać kohorty czasowej. W praktyce oznacza to instalację wyłącznie zabytków (kable sprzed 2023 roku) i wyłącznie współczesnych (kable po 2023 roku w całości). Mieszanie kohort należy unikać.

Po drugie, „Czasowo Jednolita Produkcja”: nowa produkcja przewodników w zakładzie w Cebu na szerokości geograficznej, pozostaje nienaruszona przez odwrócenie rotacji Jdru wewnątrznego. Założenia neutralne wobec stronniczo[czasowej. Komitet zaleca, aby cała nowa produkcja otrzymała Certyfikat Kalibracji Czasowej dokumentujący datę wytworzenia względem epoki referencyjnej (od odwrócenia).

Po trzecie, dla instalacji, które nie mogą zostać przekablowane, „kompensacja [wiadoma z literatury] oprogramowania układowego istniejących Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Opcjonalnie) same układy kompensacyjne, już wdrożone w terenie do mitygacji rozbłysków słonecznych, z rozszerzonym oprogramowaniem układowym (wersja 3.5.0 i nowsze, w przygotowaniu). Komitet programowa nie może w pełni skompensować instalacji o mieszanych kohortach, i zaleca się rozwiązanie dbugoterminowe.

6. WNIOSKI

Odwrocenie rotacji j dra wewn trznego w 2023 roku jest, zdaniem komitetu, najbardziej ko geofizycznym dla precyzyjnej reprodukcji audio od czasu ustalenia si wspóBczesnego re| ci gnione przed odwróceniem zajmuj mierzalnie inn konfiguracj pola ni| przewodniki ci g wykrywalna w pomiarach koherencji fazowej na szeroko[ciach niezrównikowych.

Zalecamy, aby prasa audiofilska, dealerzy i klienci koDcowi zaktualizowali swoje rozumie wytworzenia jako specyfikacj pierwszego rz du, obok materiaBu przewodnika i szeroko[ci rynek wtórny kabli zabytkowych ujawniaB zakresy dat produkcji. Zalecamy, aby krytyczne segregacj kohort czasowych jako standardow praktyk .

Komitet uznaje, |e to ustalenie jest niewygodne dla cz [ci konsumenckiej prasy audiofilska zabytkowych jako tani [cie|k do referencyjnej wierno[ci sygnaBu. Zapraszamy do ponown przeciwieDstwie do rynku audiofilskiego, nie podlega negocjacji.

BIBLIOGRAFIA

- [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*.