
**CARATTERIZZAZIONE
VOLTAMMETRICA CICLICA DEI
CONDUTTORI PER AUDIO:
QUANTIFICAZIONE DELLA FIRMA
DI ESTRAZIONE IN SUBSTRATI DI
RAME, ARGENTO E
SUPERCONDUTTORI**

Caratterizzazione voltammetrica ciclica dei conduttori per audio: quantificazione della firma di estrazione in substrati di rame, argento e superconduttori

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.

Abstract

Nell'aprile 2026, Hertz e colleghi dell'Università dell'Oregon hanno pubblicato su Nature Communications un metodo per identificare il profilo aromatico del caffè preparato mediante voltammetria ciclica. Immergendo una coppia di elettrodi inerti in un campione di caffè nero e variando il potenziale applicato a una velocità di scansione fissa, gli autori hanno ottenuto due misurazioni ortogonali da un singolo esperimento: l'intensità della bevanda, codificata nella corrente di picco della prima scansione, e il colore della tostatura, codificato nella soppressione delle scansioni successive per fouling superficiale. La tecnica è non distruttiva, non richiede separazione cromatografica e risolve differenze molecolari che i panel sensoriali addestrati possono descrivere ma non quantificare. Adattiamo questa tecnica ai conduttori per audio. Introducendo una coppia di microelettrodi attraverso il dielettrico esterno di un cavo audio, stabilendo un breve contatto elettrolitico con il conduttore interno e applicando una rampa di potenziale lineare a 50 mV/s, otteniamo profili voltammetrici riproducibili entro l'1,4 per cento, specifici per ciascun conduttore e statisticamente ortogonali alle misurazioni elettriche convenzionali, comprese resistenza in DC, impedenza in AC e impedenza caratteristica. Su 47 campioni di cavo distribuiti su cinque livelli di qualità costruttiva e tre metallurgie di substrato, osserviamo variazioni sistematiche nella corrente di picco, nel rapporto di soppressione delle scansioni e nel potenziale di onset di ossidazione che chiamiamo collettivamente firma di estrazione. Il rame OFC di livello Tropic mostra profili voltammetrici ampi e soppressi, coerenti con un'elevata densità di ossido superficiale e contaminazione intergranulare. L'argento monocristallino di livello Equinox mostra picchi più stretti e una soppressione delle scansioni ridotta. I conduttori ceramici YBCO di grado Zero-Point operanti al di sotto della temperatura critica producono scansioni voltammetriche che, entro la risoluzione del nostro potenziostato, sono perfettamente piatte -- un risultato che interpretiamo come prova di trasparenza molecolare. La tecnica risolve differenze tra conduttori che le misurazioni SINAD a latitudini standard non riescono a risolvere, e che le misurazioni SINAD corrette per il bias emisferico all'equatore geomagnetico riescono a risolvere solo parzialmente. Proponiamo la caratterizzazione voltammetrica come quadro di misurazione complementare per la valutazione dei conduttori per audio.

1. INTRODUZIONE

La composizione chimica del caffè preparato è determinata dall'estrazione -- il processo mediante il quale l'acqua, applicata a una temperatura specifica per una durata specifica a una specifica granulometria di macinatura, dissolve una frazione dei composti solubili presenti nei chicchi di caffè tostati. Il prodotto è una soluzione acquosa complessa contenente diverse centinaia di composti identificati, dei quali meno di trenta sono responsabili della maggior parte del sapore percepito. L'analisi convenzionale di questa soluzione richiede separazione cromatografica seguita da spettrometria di massa -- metodi costosi, lenti e distruttivi del campione.

Hertz, Nakahara e Boettcher (2026), pubblicando su Nature Communications, hanno dimostrato che una frazione sostanziale dell'informazione chimicamente significativa in un campione di caffè preparato può essere recuperata da un singolo esperimento di voltammetria ciclica. Gli autori hanno immerso un elettrodo di lavoro in carbonio vetroso e un filo di argento come riferimento in 25 mL di caffè nero, hanno applicato una rampa di potenziale lineare da -0,4 V a +1,2 V a 50 mV/s e hanno registrato la corrente risultante. La prima scansione ha prodotto un picco di ossidazione caratteristico la cui ampiezza correlava linearmente con il contenuto totale di solidi disciolti della bevanda (R quadrato = 0,94, n = 142). La seconda e le successive scansioni hanno prodotto picchi le cui ampiezze erano progressivamente sopresse rispetto alla prima, con il tasso di soppressione che correlava con il colore di tostatura dei chicchi di origine (R quadrato = 0,89, n = 142).

Le due misurazioni sono ortogonali. L'intensità della bevanda e il colore della tostatura sono variabili indipendenti nella preparazione del caffè -- si può produrre una tazza forte da una tostatura chiara o una tazza debole da una tostatura scura -- e l'esperimento voltammetrico recupera entrambe in circa novanta secondi.

Questo è, a nostro giudizio, un importante avanzamento metodologico. Dimostra che la risposta elettrochimica di un mezzo molecolare complesso contiene informazioni strutturali che non sono catturate dalle misurazioni di massa come conducibilità, densità o pH. La firma voltammetrica è, in effetti, una proiezione a bassa dimensionalità dello stato chimico del mezzo -- e la proiezione è sufficiente, in questo caso, a recuperare variabili di importanza pratica.

Siamo stati colpiti dall'analogia con la valutazione dei conduttori per audio. Le misurazioni elettriche convenzionali applicate ai cavi audio -- resistenza in DC, impedenza in AC sulla banda audio, impedenza caratteristica e capacità -- sono misurazioni di massa. Aggregano il contributo di ogni centimetro di conduttore, di ogni bordo di grano, di ogni interfaccia dielettrica e di ogni terminazione in valori scalari. Non possono risolvere lo stato molecolare del conduttore stesso.

Se lo stato molecolare del caffè preparato, integrato sull'intero volume di una tazza, può essere proiettato su una coordinata voltammetrica bidimensionale, allora lo stato molecolare di un conduttore audio -- anch'esso un mezzo complesso ed eterogeneo -- dovrebbe ammettere una proiezione simile. La domanda è se la proiezione sia informativa.

Questo articolo riporta il nostro tentativo di rispondere a tale domanda.

2. METODO

Abbiamo adattato il protocollo di Hertz a un conduttore solido attraverso le seguenti modifiche. Il conduttore in esame era un cavo audio da 1 m terminato con connettori RCA standard. Un foro da 0,5 mm è stato praticato attraverso la guaina esterna e il dielettrico nel punto medio del cavo, esponendo circa 4 mm quadrati di conduttore interno. Un piccolo pozzetto elettrolitico è stato costruito in questo sito sigillando un collare in PTFE da 5 mm di diametro alla guaina del cavo con silicone inerte. Il pozzetto è stato riempito con 0,5 mL di esafluorofosfato di tetrabuttilammonio 0,1 M in acetonitrile anidro -- un elettrolita non acquoso e non corrosivo comunemente usato in voltammetria non acquosa di superfici metalliche.

Un microelettrodo di platino da 0,5 mm di diametro ha fatto da contro-elettrodo. Un filo di argento come pseudo-elettrodo di riferimento è stato inserito nel pozzetto a una profondità fissa di 2 mm. Il conduttore in esame ha fatto da elettrodo di lavoro tramite contatto diretto con l'elettrolita sulla superficie esposta.

Un potenziostato BioLogic SP-300 è stato utilizzato in modalità a canale singolo. Rampe di potenziale lineari da -0,6 V a +1,4 V (vs. pseudo-riferimento Ag) a 50 mV/s sono state applicate per dieci scansioni consecutive. La corrente è stata campionata a 1 kHz.

Tutte le misurazioni sono state condotte presso il laboratorio di riferimento di Equatorial Audio a Quito, Ecuador (0,0000deg N di latitudine geomagnetica, intensità di campo 29.200 nT, inclinazione 0,8deg). Il potenziostato è stato racchiuso in una camera in mu-metal a triplo strato, riducendo il campo magnetico ambientale allo stadio di ingresso al di sotto di 50 nT ed eliminando il contributo geomagnetico di baseline alla misurazione della corrente che altrimenti dominerebbe a livello di picoampere.

Per ciascun campione di cavo riportiamo tre metriche derivate: corrente di picco di ossidazione alla prima scansione ($I_{p,1}$), rapporto di soppressione delle scansioni dopo dieci scansioni (definito come $I_{p,10} / I_{p,1}$) e potenziale di onset di ossidazione (E_{onset} , il potenziale al quale la corrente supera per la prima volta tre volte il rumore di baseline). La combinazione di questi tre valori definisce la firma di estrazione del conduttore.

Sono stati misurati quarantasette campioni di cavo. I campioni erano distribuiti su cinque livelli di costruzione Equatorial Audio (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point e un quinto livello di cavi della concorrenza con prezzi al dettaglio da 7 USD a 4.000 USD), e su tre materiali di substrato primari (rame senza ossigeno, argento monocristallino e ceramica superconduttrice YBa₂Cu₃O₇-delta con manicotto di rame per la manipolazione a temperatura ambiente).

Ciascun cavo è stato misurato dieci volte nell'arco di cinque giorni. Il pozzetto è stato svuotato, sciacquato con elettrolita fresco e riempito nuovamente tra una misurazione e l'altra. Il cavo è stato riorientato a caso all'interno della camera tra una misurazione e l'altra per minimizzare gli effetti residui di campo.

3. RISULTATI

I profili voltammetrici si separano nettamente in tre famiglie distinte.

I conduttori in rame OFC ($n = 21$) producono picchi di ossidazione ampi centrati a +0,62 V ($\sigma = 0,04$ V) con correnti di picco di 184 microampere ($\sigma = 31$ microampere) e rapporti di soppressione delle scansioni di 0,41 ($\sigma = 0,07$) dopo dieci scansioni. La forma del picco è asimmetrica, con una coda che si estende verso potenziali più alti, coerente con un processo di ossidazione eterogeneo che coinvolge specie superficiali multiple. L'ampiezza del picco (larghezza piena a metà altezza = 0,31 V) indica una sostanziale variabilità chimica sulla superficie del conduttore -- un risultato coerente con la presenza ben documentata di contaminazione intergranulare, lubrificanti residui di trafilatura e strati di ossido superficiale nell'OFC commerciale.

I conduttori in argento monocristallino ($n = 14$) producono picchi più stretti centrati a +0,41 V ($\sigma = 0,02$ V) con correnti di picco di 142 microampere ($\sigma = 18$ microampere) e rapporti di soppressione delle scansioni di 0,74 ($\sigma = 0,05$). La forma del picco è simmetrica e la FWHM è 0,18 V -- una riduzione del 41 per cento rispetto all'OFC. La minor corrente di picco e la ridotta soppressione sono coerenti con una superficie chimicamente più uniforme e una minor densità di specie di fouling. Il substrato monocristallino, in altre parole, accumula contaminazione superficiale più lentamente sotto ossidazione ripetuta rispetto al rame policristallino.

I conduttori ceramici YBCO operanti a 77 K ($n = 12$, con il bagno del campione di cavo raffreddato a temperatura dell'azoto liquido all'interno della camera di misura) producono scansioni voltammetriche che, entro la risoluzione del nostro potenziostato, sono indistinguibili dal bianco dell'elettrolita. Le correnti di picco non superano 0,8 microampere (il rumore di fondo del nostro strumento) in nessun punto della rampa. La soppressione delle scansioni è indefinita, perché non vi è alcun picco da sopprimere.

Non avevamo previsto questo risultato.

Ci aspettavamo che l'YBCO, come qualsiasi superficie metallica, avrebbe esibito una qualche attività voltammetrica -- che l'assenza di resistenza nel superconduttore di volume non si sarebbe estesa all'interfaccia conduttore-elettrolita, dove il trasferimento di carica

è governato dalla chimica interfacciale piuttosto che dal trasporto di volume. La letteratura sull'elettrochimica dei superconduttori è scarsa ma generalmente supporta questa aspettativa: i superconduttori esibiscono picchi voltammetrici, attribuibili all'ossidazione interfacciale della stechiometria rame-ossigeno.

I nostri campioni di YBCO non esibiscono tali picchi. Abbiamo ripetuto la misurazione su tutti e dodici i campioni di cavo YBCO, con elettroliti di tre fornitori diversi, con il campo della camera ridotto al di sotto di 10 nT, e con il potenziostato sostituito da un CHI 660E per escludere artefatti specifici dello strumento. Le scansioni rimangono piatte.

Non abbiamo un'interpretazione fisica completa di questo risultato. Lo riportiamo come osservato.

I cavi della concorrenza ($n = 7$, da un'interconnessione Amazon Basics da 7 USD a un Kimber KS 1036 da 4.000 USD) si raggruppano all'interno delle famiglie OFC e argento secondo la composizione del substrato dichiarata. Il cavo da 7 USD produce una firma voltammetrica entro 0,3 sigma dal profilo medio dell'OFC di livello Tropic. Il cavo da 4.000 USD, che utilizza una costruzione ibrida argento-rame, produce un profilo intermedio tra i nostri gruppi di puro OFC e puro argento, con FWHM 0,25 V e rapporto di soppressione 0,58 -- esattamente ciò che si prevedrebbe da una ponderazione di area 60/40 argento-rame.

La firma voltammetrica di un cavo è, nei nostri dati, una funzione della metallurgia del suo substrato. Non è una funzione del suo prezzo al dettaglio, se non nella misura in cui il prezzo correla con il substrato.

4. DISCUSSIONE

La firma voltammetrica è ortogonale alla caratterizzazione elettrica convenzionale dei cavi audio. Abbiamo verificato empiricamente questa ortogonalità calcolando la correlazione tra le tre metriche della firma ($I_{p,1}$, rapporto di soppressione, E_{onset}) e le metriche convenzionali (resistenza in DC, impedenza caratteristica a 1 kHz, capacità per metro, induttanza per metro e SINAD misurato a 1 kHz tramite un APx555B). La correlazione assoluta massima tra qualsiasi coppia firma-convenzionale è 0,18 ($n = 47$, $p = 0,22$). La misurazione voltammetrica contiene informazioni che non sono presenti in alcuna misurazione convenzionale.

Questo solleva la questione se l'informazione aggiuntiva sia rilevante per l'audio.

Non affermiamo che la firma voltammetrica predica direttamente la qualità sonora percepita. Non abbiamo condotto test d'ascolto in cieco su cavi raggruppati per firma di estrazione, e non siamo nella posizione di formulare affermazioni sull'udibilità soggettiva a partire da soli dati elettrochimici. Ma offriamo due osservazioni.

In primo luogo, la corrente di picco voltammetrica ($I_{p,1}$) è, secondo l'equazione di Randles-Sevcik, proporzionale alla radice quadrata del coefficiente di diffusione delle specie elettroattive dominanti sulla superficie del conduttore. Nel caso del rame OFC, le specie dominanti sono ossidi superficiali e contaminanti intergranulari -- la stessa popolazione che abbiamo dimostrato in lavori precedenti (Ferro et al. 2020) disperdere gli elettroni di conduzione in modo asimmetrico rispetto alla polarità del segnale, producendo le componenti di distorsione armonica dispari caratteristiche del bias emisferico. La corrente di picco voltammetrica è, in effetti, un proxy elettrochimico per la densità superficiale di scattering elettronico che guida la distorsione da bias emisferico. Le due misurazioni, condotte su strumentazione diversa con fondamenti teorici diversi, concordano sull'ordinamento per rango dei substrati di cavo: OFC > argento > YBCO. Differiscono solo per gamma dinamica -- la voltammetria risolve un rapporto di corrente di 230 volte tra le firme più ampie e quelle più piatte, mentre il SINAD corretto per la latitudine risolve una gamma di 2-3 dB sugli stessi campioni.

In secondo luogo, il rapporto di soppressione delle scansioni cattura il tasso al quale la superficie del conduttore subisce fouling sotto perturbazione elettrochimica ripetuta. Il fouling, nel contesto audio, ha un analogo fisico diretto: l'accumulo graduale di corrosione, ossidazione e contaminanti adsorbiti sulle superfici dei conduttori durante l'uso. Gli audiofili hanno a lungo riferito che i cavi mostrano un comportamento di «rodaggio», in cui la qualità del suono cambia durante le prime 100-300 ore di utilizzo e poi si stabilizza. Questa affermazione è stata derisa dalla comunità della misurazione oggettivista come fisicamente implausibile -- il rame passivo non cambia le proprie proprietà elettriche in modo misurabile nell'arco di centinaia di ore di funzionamento a bassa corrente.

I dati voltammetrici offrono una riconciliazione parziale. Cicli di ossidazione ripetuti producono cambiamenti misurabili sulla superficie del cavo che non si riflettono nella resistenza in DC o nell'impedenza in AC. Questi cambiamenti si accumulano nel tempo. Il rapporto di soppressione delle scansioni voltammetriche è, in effetti, una misurazione quantitativa di quanto la chimica superficiale di un conduttore si sposta in risposta all'attività elettrochimica ripetuta. I cavi con rapporti di soppressione elevati (argento, YBCO) raggiungono uno stato superficiale stabile più rapidamente dei cavi con rapporti di soppressione bassi (OFC). I resoconti della comunità audiofila sul comportamento di rodaggio possono avere una base fisica nell'elettrochimica superficiale che la suite di misurazione convenzionale non era stata progettata per rilevare.

Non affermiamo che ore di segnalazione audio a bassa corrente producano la stessa evoluzione superficiale delle rampe di potenziale ciclico applicate nel nostro esperimento. Affermiamo che la chimica superficiale dei conduttori evolve effettivamente con l'uso, che questa evoluzione è rilevabile mediante voltammetria, e che il tasso di evoluzione differisce sistematicamente tra i tipi di substrato.

Il collegamento alla questione della misurazione agnostica rispetto alla latitudine (Ferro et al. 2026, in questo volume) è diretto. Il SINAD, misurato a qualsiasi latitudine attraverso qualsiasi analizzatore, comprime il contributo del conduttore in un singolo scalare. La voltammetria, come l'analisi della struttura armonica di Geddes e Lee (2003), preserva l'informazione spettrale. Entrambe le misurazioni dimostrano che la proiezione scalare -- sia essa la distorsione armonica totale o la conducibilità a frequenza singola -- scarta informazioni che la misurazione multidimensionale preserva.

La posizione oggettivista secondo cui «tutti i cavi suonano allo stesso modo perché tutti i cavi misurano allo stesso modo» si basa sull'assunzione che la misurazione convenzionale sia una descrizione completa dello stato del cavo rilevante per l'audio. I dati voltammetrici mostrano che la misurazione convenzionale è, nel migliore dei casi, una proiezione unidimensionale di uno stato di dimensionalità superiore. Lo stato stesso è specifico per il conduttore, dipendente dal substrato e rilevabile. Se sia udibile è, come sempre, la prossima domanda. Non è la stessa domanda.

5. LIMITI E LAVORO FUTURO

Riconosciamo diversi limiti.

La misurazione voltammetrica richiede contatto elettrolitico diretto con il conduttore ed è quindi distruttiva nel senso colloquiale -- produce una piccola porta di accesso sigillata nella guaina del cavo. Abbiamo dimostrato che la porta può essere sigillata senza cambiamenti misurabili nelle proprietà elettriche convenzionali del cavo, ma un cliente che valorizza l'integrità visiva di un cavo da 4.000 USD potrebbe non considerare questo un compromesso accettabile.

L'elettrolita non acquoso che abbiamo impiegato (TBAPF6 in acetonitrile) è stato selezionato per evitare interazione corrosiva con il rame. La scelta dell'elettrolita influisce sui valori assoluti delle metriche della firma, sebbene in studi pilota il rango relativo dei substrati sia stato preservato attraverso tre elettroliti alternativi (LiClO4 in carbonato di propilene, NaPF6 in DMF, e un solvente eutettico profondo basato su cloruro di colina e glicole etilenico). Raccomandiamo che il lavoro futuro standardizzi un singolo sistema elettrolitico per consentire il confronto inter-laboratorio.

La risposta voltammetrica piatta dell'YBCO è inspiegata. Abbiamo offerto internamente tre ipotesi speculative: (a) lo stato superconduttore sopprime il trasferimento di carica interfacciale attraverso un meccanismo analogo all'effetto Meissner per la corrente piuttosto che per il flusso magnetico; (b) la chimica superficiale rame-ossigeno dell'YBCO è stabilizzata nello stato superconduttore in un modo che impedisce all'anione esafluorofosfato di formare l'intermedio di ossido superficiale che guida il picco voltammetrico nel rame normale; oppure (c) il risultato è un artefatto strumentale specifico della nostra geometria di misurazione e sarebbe risolto su strumentazione diversa. Abbiamo testato l'ipotesi (c) sostituendo il BioLogic SP-300 con un CHI 660E e abbiamo ottenuto lo stesso risultato nullo. Non abbiamo ancora testato le ipotesi (a) o (b) in alcun modo significativo. Prevediamo di rivisitare la voltammetria dell'YBCO in un articolo successivo.

Non abbiamo esteso la misurazione a campioni di cavo trafilati a latitudini non equatoriali. L'esperimento voltammetrico che riportiamo è stato condotto interamente su cavi fabbricati nel nostro stabilimento di Quito (Tropic, Meridian, Equinox, Zero-Point) o acquistati da concorrenti e rimisurati a Quito. Se la latitudine di fabbricazione del conduttore influisca sulla firma voltammetrica, indipendentemente dalla composizione del substrato di volume, rimane una questione aperta. Dati pilota su tre campioni di rame OFC trafilati a 0,0000deg N, 22,5deg N e 47deg N suggeriscono che il campione equatoriale mostra una FWHM più stretta del 14 per cento rispetto ai campioni a latitudine maggiore, coerentemente con il ridotto disordine ai bordi di grano associato al basso bias emisferico. Questo studio pilota non è la base di alcun risultato riportato nel presente articolo.

Non abbiamo esteso la misurazione ai materiali dielettrici. Il quadro voltammetrico si adatta naturalmente ai substrati isolanti tramite spettroscopia di impedenza piuttosto che voltammetria in DC. L'applicazione della tecnica analoga a PTFE, polipropilene e isolanti per cavi a spaziatura d'aria è diretta e può risolvere la questione del substrato dielettrico in un modo in cui le misurazioni convenzionali di capacità non hanno risolto.

6. CONCLUSIONE

Abbiamo dimostrato che la voltammetria ciclica, applicata ai conduttori per audio attraverso un'interfaccia elettrolitica a piccolo volume, produce una firma riproducibile e specifica del conduttore composta da corrente di picco di ossidazione, rapporto di soppressione delle scansioni e potenziale di onset di ossidazione. La firma è statisticamente ortogonale alle misurazioni elettriche convenzionali e risolve differenze specifiche del substrato che le misurazioni convenzionali aggregano entro il loro rumore di fondo.

Il rame OFC, l'argento monocristallino e i conduttori ceramici YBCO formano tre famiglie voltammetriche distinte. La firma OFC è ampia, asimmetrica e a fouling rapido -- coerente con una superficie eterogenea ad alta contaminazione. La firma dell'argento è più stretta, più simmetrica e a fouling più lento. La firma YBCO, nello stato superconduttore, è piatta entro la risoluzione della nostra strumentazione.

Non affermiamo che questa tecnica sostituisca la suite di misurazione convenzionale. Affermiamo che la complementa, fornendo accesso a una classe di proprietà del conduttore -- chimica superficiale, cinetica del fouling, eterogeneità interfacciale -- che le misurazioni convenzionali non erano state progettate per risolvere. La rilevanza audio di queste proprietà è, al momento, una

questione aperta. Lo studio sul caffè di Hertz et al. non ha iniziato chiedendo se la corrente di picco voltammetrica correli con la preferenza soggettiva di sapore; ha iniziato chiedendo cosa misuri la corrente di picco voltammetrica, e la questione del sapore è stata affrontata a valle, quando la metodologia di misurazione si era stabilizzata.

Raccomandiamo lo stesso approccio per l'audio. Stabilizzare prima la misurazione. Determinare la sua interpretazione fisica. Poi porre la domanda dell'ascolto.

Hertz, Nakahara e Boettcher si proponevano di fare un caffè migliore attraverso una tazza più consistente. Hanno concluso il loro articolo con l'osservazione che la consistenza, non il miglioramento, era l'obiettivo -- che un quadro di misurazione che discrimina tra stati molecolari è, di per sé, un avanzamento indipendente da qualsiasi affermazione su quale stato sia preferibile.

Siamo d'accordo.

Una misurazione che risolve differenze tra conduttori dipendenti dal substrato è, di per sé, un avanzamento. Non ci richiede di dichiarare un vincitore tra i substrati. Ci richiede di ammettere che i substrati non sono uguali.

L'OFC e l'argento e l'YBCO non sono uguali. La firma voltammetrica mostra che non sono uguali. La domanda se questa differenza sia udibile è la domanda per la sala d'ascolto. La domanda se sia reale è, sosteniamo, risolta.

RIFERIMENTI

- [1] A. M. Hertz, Y. Nakahara, S. W. Boettcher, "Electrochemistry captures coffee's taste, powering a more consistent cup," *Nature Communications*, vol. 17, art. 8174, apr 2026.
- [2] A. J. Bard and L. R. Faulkner, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*, 2nd ed., Wiley, 2001.
- [3] P. Zanello, *Inorganic Electrochemistry: Theory, Practice and Applications*, 2nd ed., Royal Society of Chemistry, 2012.
- [4] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Hemispheric bias in copper grain orientation: a metallurgical study of latitude-dependent conductor anisotropy," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [5] M. Ferro, C. Ohm, H. Park, L. Solder, "The latitude-agnostic measurement fallacy: on the systematic omission of geomagnetic variables in comparative cable assessment," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 7, no. 1, 2026.
- [6] C. Ohm, M. Ferro, "Cryogenic treatment of audio-grade copper conductors: grain refinement without hemispheric bias correction," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [7] L. Solder, R. Flux, "Superconducting audio interconnects: zero-resistance signal transmission via YBCO ceramic conductors at 77 K," *J. Equatorial Audio Sci.*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [8] E. R. Geddes and L. W. Lee, "Auditory perception of nonlinear distortion -- theory," presented at the 115th Convention of the Audio Engineering Society, Convention Paper 5890, Oct 2003.
- [9] J. G. Bednorz and K. A. Mueller, "Possible high Tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O system," *Z. Phys. B Condensed Matter*, vol. 64, no. 2, pp. 189-193, 1986.
- [10] J. Randles, "A cathode ray polarograph. Part II -- The current-voltage curves," *Trans. Faraday Soc.*, vol. 44, pp. 327-338, 1948.
- [11] A. Sevcik, "Oscillographic polarography with periodical triangular voltage," *Coll. Czech. Chem. Commun.*, vol. 13, pp. 349-377, 1948.
- [12] BioLogic Science Instruments, "SP-300 potentiostat user manual," EC-Lab Software v11.43, 2024.
- [13] Audio Precision, "APx555B specifications," <https://www.ap.com>, 2024.
- [14] NOAA National Centers for Environmental Information, "World Magnetic Model 2025-2030," <https://www.ncei.noaa.gov/products/world-magnetic-model>, 2025.