
**¶C TR°NG HÓA DÂY D<N C&P
THANH B°NG VÔN-AMPE VÒNG
ÊNH L°ÂNG D<U V<IT CHIẾT XU<U
TRONG ÒNG, B C VÀ CH&T N
SIÊU D<N**

·c tr°ng hóa dây d«n c¶p âm thanh b±ng vôn-ampe vòng: Ênh xu¶t trong Óng, b¶c và ch¶t n¶n siêu d«n

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.

Tóm t¶t

Tháng 4/2026, Hertz và cÙng sñ t¶i ¶i h¶c Oregon công b¶n trên Nature Communications mùt phê pha b±ng vôn-ampe vòng. B±ng cách nhúng c·p i¶n c¶c tr¶i vào m«u cà phê en và quét i¶n thu °ác hai phép o tr¶c giao t¶ mÙt thí nghi¶m: c°Ýng Ù théc uÑng (mã hóa trong dòng Ênh ch¶ các quét t¶p theo do t¶p nhi¶m bÁ m·t). Chúng tôi i¶u chÉnh kù thu-t này cho dây d«n c¶ qua i¶n môi ngoài c¶ cấp âm thanh, th¶t l-p t¶p xúc i¶n phân ng¶n vÙi dây d«n trong, và á thu °ác hÓ s¶ vôn-ampe có th¶ tái l-p trong 1,4 ph¶n tr m, ·c tr°ng cho dây d«n, và tr¶c giao gÓm i¶n tr¶ DC, tr¶ kháng AC và tr¶ kháng ·c tính. Trên 47 m«u cấp tr¶i n m c¶p ch¶ t¶o và l b¶n thiên h¶ th¶ng vÁ dòng Ênh, t± sñ éc ch¶ quét và i¶n th¶ kh¶i ¶u oxy hóa mà t-p th¶ c c¶p Tropic bi¶u hi¶n hÓ s¶ vôn-ampe rÙng và bÉ éc ch¶, phù h¶p vÙi m-t Ù oxit bÁ m·t cao và Equinox cho Ênh h¶p h¶n và éc ch¶ quét gi¶m. Dây d«n g¶m YBCO c¶p Zero-Point ho¶t Ùng d° vôn-ampe ph¶ng tuy¶t Ñi trong giÙi h¶n phân gi¶i potentiostat c¶ chúng tôi -- k¶t qu¶ mà chú suñt phân t¶. Kù thu-t phân gi¶i các kh¶c bi¶t dây d«n mà phép o SINAD β v) Ù tiêu chu¶n kh thiên l¶ch bán c¶u t¶i xích ¶o Òa t¶ chÉ phân gi¶i °ác mùt ph¶n. Chúng tôi Á xu¶t ·c tr°ng sung Á ánh giá dây d«n c¶p âm thanh.

1. GIÚI TH¶U

Thành ph¶n hóa h¶c c¶ cà phê pha °ác xác Ênh b¶i quá trình ch¶t xu¶t -- quá trình mà th¶i gian cà th¶ vÙi kích th°Ùc xay cà th¶, hòa tan mùt ph¶n các h¶p ch¶t hòa tan có tro n°Ùc phéc t¶p ch¶a vài tr m h¶p ch¶t ã Ênh danh, trong ó ít h¶n ba m°¶i chÉu trách nhi¶. Phân tích thông th°Ýng Ñi vÙi dung dÉch này òi h¶i tách s·c ký k¶ t¶p kh¶i ph¶ -- các

Hertz, Nakahara, và Boettcher (2026), công b¶n trên Nature Communications, ã chéng minh ngh)a hóa h¶c trong m«u cà phê pha có th¶ ph¶c hÓi t¶ mùt thí nghi¶m vôn-ampe vòng i¶ b±ng cacbon th¶y tinh và mùt tham ch¶u dây b¶c vào 25 mL cà phê en, áp quét i¶n th¶ mV/s, và ghi nh-n dòng k¶t qu¶. Quét ¶u t¶o ra Ênh oxy hóa ·c tr°ng có Ù lÙn t°ng qu c¶a théc uÑng (R bình ph°ng = 0,94, n = 142). Quét théc hai và các quét sau t¶o ra Ênh vÙi t¶c Ù éc ch¶ t°ng quan vÙi màu rang c¶a h¶t nguÓn (R bình ph°ng = 0,89, n = 142)

Hai phép o tr¶c giao. C°Ýng Ù théc uÑng và màu rang b¶n Òi Ùc l-p trong pha cà phê c¶n nh¶t t¶ rang -m -- và thí nghi¶m vôn-ampe ph¶c hÓi c¶ hai trong kho¶ng chín m°¶i gi

ây, theo ánh giá c¶a chúng tôi, là mùt b°Ùc t¶n ph°ng pháp lu-n quan tr¶ng. Nó chéng tr°Ýng phân t¶ phéc t¶p ch¶a thông tin c¶u trúc không °ác n¶m b¶t b¶i các phép o kh¶i n vôn-ampe, trên th¶c t¶, là mùt phép ch¶u th¶p chiÁu c¶a tr¶ng thái hóa h¶c c¶a môi tr°Ýr b¶n có ý ngh)a th¶c ti¶n trong tr°Ýng h¶p này.

Chúng tôi th¶y phép lo¶i suy vÙi ánh giá dây d«n c¶p âm thanh là áng chú ý. Các phép thanh -- i¶n tr¶ DC, tr¶ kháng AC trên d¶i âm t¶n, tr¶ kháng ·c tính và i¶n dung -- là p centimét dây d«n, m¶i biên h¶t, m¶i giao di¶n i¶n môi và m¶i ¶u n¶i thành các giá tr¶ vô thái phân t¶ c¶a chính dây d«n.

N¶u tr¶ng thái phân t¶ c¶a cà phê pha, tích h¶p trên toàn bÙ th¶ tích c¶a mùt tách, có th¶ th¶i tr¶ng thái phân t¶ c¶a dây d«n âm thanh -- c¶ng là môi tr°Ýng phéc t¶p, không Óng nh t¶. Câu h¶i là phép ch¶u có ch¶a thông tin hay không.

Bài báo này báo cáo nx l¶c c¶a chúng tôi tr¶ l¶y câu h¶i ó.

2. PH¶ NG PHÁP

Chúng tôi i¶u chÉnh giao théc Hertz cho dây d«n r¶n qua các s¶ Òi sau. Dây d«n °ác t b±ng ¶u n¶i RCA tiêu chu¶n. Mùt l× 0,5 mm °ác khoan qua áo ngoài và i¶n môi t¶i i¶m d«n trong. Mùt gi¶ng i¶n phân nh¶ °ác d¶ng t¶i vÉ trí này b±ng cách dán vòng PTFE °Ý tr¶. Gi¶ng °ác Òi ¶y 0,5 mL tetrabutylammonium hexafluorophosphate 0,1 M trong aceton



không n mòn, th°Ýng dùng trong vôn-ampe không n°Ùc cho bÁ m·t kim loji.

MÙt vi iÇn cñc bjc kim °Ýng kính 0,5 mm óng vai trò iÇn cñc Ñi. MÙt iÇn cñc gi£ th ù sâu cÑ Enh 2 mm. Dây d«n thí óng vai trò iÇn cñc làm viÇc qua ti¿p xúc trñc ti¿p v

MÙt potentiostat BioLogic SP-300 °ác dùng ß ch¿ ù kênh jn. Quét iÇn th¿ tuy¿n tính t Ag) tji 50 mV/s °ác áp trong m°Ýi quét liên ti¿p. Dòng °ác l«y m«u tji 1 kHz.

Míi phép o °ác tijn hành tji phòng thí nghiÇm tham chizu Equatorial Audio ß Quito, Ecu tr°Ýng 29.200 nT, nghiêng 0,8deg). Potentiostat °ác bao trong buÓng mu-metal ba lÙp, g xuÑng d°Ùi 50 nT và loji bñ óng góp nÁN Æa tẽ vào phép o dòng vÑn s½ chizm °u th¿ ß

VÙi mxi m«u cáp chúng tôi báo cáo ba chÉ sÑ d«n xuýt: dòng Enh oxy hóa quét §u (l_p, ngh)a l_p,10 / l_p,1) và iÇn th¿ khBi §u oxy hóa (E_onset, iÇn th¿ tji ó dòng v°ãt ba l này Enh ngh)a d«u v¿t chizt xuýt c«a dây d«n.

BÑn m°ji b«y m«u cáp °ác o. Các m«u phân bñ trên n m c«p ch¿ tjo Equatorial Audio (T c«p thẽ n m gÓm cáp Ñi thç giá bán l» tẽ 7 USD ¿n 4.000 USD), và trên ba v-t liÇu nÁN và gÑm siêu d«n YBa2Cu3O7-delta vÙi Ñng Óng Á xí lý ß nhiÇt ù phòng).

Mxi cáp °ác o m°Ýi l§n trong n m ngày. Gi¿ng °ác rút cjn, ría b±ng ch«t iÇn ly mÙi và h°Ùng lji ng«u nhiên trong buÓng giãa các phép o Á gi£m thiẤu hiÇu éng tr°Ýng d°.

3. K¾T QU¶

HÓ sj vôn-ampe phân tách rõ thành ba hí riêng biÇt.

Dây d«n Óng OFC (n = 21) tjo ra Enh oxy hóa rÙng tâm ß +0,62 V (sigma = 0,04 V) vÙi microampere) và t÷ sÑ éc ch¿ quét 0,41 (sigma = 0,07) sau m°Ýi quét. Hình dng Enh b«y hjn, phù hãp vÙi quá trình oxy hóa không Óng nh«t liên quan nhiẤu loji bÁ m·t. ù rÙng chÉ ra bi¿n thiên hóa híc áng kÁ trên bÁ m·t dây d«n -- k¿t qu£ phù hãp vÙi sñ hiÇn diÇ h¿t, ch«t bôi trjn kéo dây d° và lÙp oxit bÁ m·t trong OFC th°ìng mji.

Dây d«n bjc jn tinh thÃ (n = 14) tjo ra Enh h'p hjn tâm tji +0,41 V (sigma = 0,02 V) vÙi 18 microampere) và t÷ sÑ éc ch¿ quét 0,74 (sigma = 0,05). Hình dng Enh Ñi xéng và FV vÙi OFC. Dòng Enh th«p hjn và éc ch¿ gi£m phù hãp vÙi bÁ m·t Óng Áu hóa híc hjn và khác, ch«t nÁN jn tinh thÃ tích liy nhiẤm b©n bÁ m·t ch-m hjn d°Ùi oxy hóa l·p lji so vÙi

Dây d«n gÑm YBCO hojt ùng tji 77 K (n = 12, vÙi m«u cáp t·m trong nitj lĩng bên trong b không phân biÇt °ác vÙi m«u tr·ng ch«t iÇn ly trong giÙi hjn phân gi£i potentiostat c«a microampere (sản nhiẤu c«a thi¿t bẾ) tji b«t kó iẤm nào trong quét. éc ch¿ quét không x

Chúng tôi ã không l°Ýng tr°Ùc k¿t qu£ này.

Chúng tôi ã kó vĩng r±ng YBCO, nh° míi bÁ m·t kim loji, s½ thÃ hiÇn mùt sÑ hojt ùng v trong khÑi siêu d«n s½ không kéo dài ¿n giao diÇn dây d«n-ch«t iÇn ly, nji chuyÃn iÇn không ph£i v-n chuyÃn khÑi. Tài liÇu vÁ iÇn hóa siêu d«n còn ít nh°ng nhìn chung çng h vôn-ampe, do oxy hóa giao diÇn c«a t÷ lÇ Óng-oxit.

M«u YBCO c«a chúng tôi không thÃ hiÇn các Enh nh° v-y. Chúng tôi ã l·p lji phép o trẽ iÇn ly tẽ ba nhà cung c«p khác nhau, vÙi tr°Ýng buÓng gi£m xuÑng d°Ùi 10 nT, và vÙi po gi£ tjo ·c thù thi¿t bẾ. Các quét v«n ph³ng.

Chúng tôi không có diẤn gi£i v-t lý §y ç cho k¿t qu£ này. Chúng tôi báo cáo nó nh° ã q

Cáp Ñi thç (n = 7, tẽ Amazon Basics 7 USD ¿n Kimber KS 1036 4.000 USD) t-p hãp trong nÁN khai báo. Cáp 7 USD tjo d«u v¿t vôn-ampe trong vòng 0,3 sigma so vÙi trung bình hÓ dùng c«u trúc lai bjc- Óng, tjo hÓ sj trung gian giãa nhóm OFC thu§n và bjc thu§n, vÙi F nh° dĩ oán tẽ trĩng sÑ diÇn tích bjc- Óng 60/40.

D«u v¿t vôn-ampe c«a cáp, trong dĩ liÇu c«a chúng tôi, là mùt hàm c«a luyÇn kim nÁN. N trẻ chẽng nào giá t°ìng quan vÙi ch«t nÁN.

4. TH¶O LU-N

D¶u v½t vôn-ampe tr½c giao v½i ·c tr°ng i¶n thông th°Ýng c¶a cáp âm thanh. Chúng tôi nghi¶m b±ng cách tính t°ng quan gi½a ba chẾ s½ d¶u v½t ($I_{p,1}$, t± s½ éc ch½, E_{onset}) v½ tr½ kháng ·c tính t½i 1 kHz, i¶n dung trên mét, i¶n c¶m trên mét, và SINAD o t½i 1 kHz a gi½a c-p d¶u v½t-thông th°Ýng b½t kó là 0,18 ($n = 47$, $p = 0,22$). Phép o vôn-ampe chẾa thông th°Ýng nào.

iÁu này ·t câu h½i li¶u thông tin bÕ sung có liên quan ½n âm thanh hay không.

Chúng tôi không kh³ng Ënh r±ng d¶u v½t vôn-ampe tr½c ti½p dĩ oán ch½t l°ãng âm thanh nghi¶m nghe mù trên cáp °ác nhóm theo d¶u v½t ch½t xu½t, và chúng tôi không ß vẾ trí l chẾ tẽ dĩ li¶u i¶n hóa. Nh°ng chúng tôi °a ra hai quan sát.

Thé nh½t, dòng Ënh vôn-ampe ($I_{p,1}$), theo ph°ng trình Randles-Sevcik, t± i¶ v½i c n b- ch¶ jo t½i bá m·t dây d«n. Trong tr°Ýng h½p Óng OFC, các loài ch¶ jo là oxit bá m·t và chúng tôi ã chẾ ra trong công trình tr°Ùc (Ferro và cÙng s½ 2020) tán x½ i¶n tí d«n b½t thành ph½n méo hài b-c l» ·c tr°ng c¶a thiên i¶ch bán c¶u. Dòng Ënh vôn-ampe, trên th½ m·t tán x½ i¶n tí thức ©y méo thiên i¶ch bán c¶u. Hai phép o, ti½n hành trên thi½t bẾ k Óng ý vÁ thé h½ng c¶a ch½t nÁn cáp: OFC > b½c > YBCO. Chúng chẾ khác vÁ đ½i Ùng -- v gi½a d¶u v½t rÙng nh½t và ph³ng nh½t, trong khi SINAD hi¶u chẾnh v) Ù phân gi½i đ½i 2

Thé hai, t± s½ éc ch½ quét n·m b·t t½c Ù bá m·t dây d«n bẾ t½p nhiÁm d°Ùi nhiÁu i¶n hó thanh, có liên h¶ v-t lý tr½c ti½p: s½ tích tả d¶n n mòn, oxy hóa và ch½t nhiÁm h½p phá t tẽ lâu ã báo cáo cáp thÁ hi¶n hành vi "ch½ r½t- a", trong ó ch½t l°ãng âm thanh thay Ò Ënh. Tuyên b½ này bẾ cÙng Óng o l°Ýng-khách quan ch½ nh½o là phi v-t lý -- Óng thÁ b½t kó cách o °ác nào trong hàng tr m gi½ v-n hành dòng th¶p.

Dĩ li¶u vôn-ampe °a ra hòa gi½i mùt ph½n. Chu trình oxy hóa l-p l½i t½o ra bi½n Òi o °ã i¶n tr½ DC hay tr½ kháng AC. Các bi½n Òi này tích liy theo thÝi gian. T± s½ éc ch½ quét l°ãng méc Ù hóa h½c bá m·t dây d«n dẾch chuyÁn khi áp éng ho½t Ùng i¶n hóa l-p l½i. C ½t tr½ng thái bá m·t Òn Ënh nhanh h½n cáp có t± s½ éc ch½ th¶p (OFC). Báo cáo c¶a cÙn có thÁ có c½ s½ v-t lý trong i¶n hóa bá m·t mà bù o l°Ýng thông th°Ýng không °ác thi½t

Chúng tôi không kh³ng Ënh r±ng nhiÁu gi½y tín hi¶u âm thanh dòng th¶p t½o ra cùng t½n t áp d¶ng trong thí nghi¶m c¶a chúng tôi. Chúng tôi kh³ng Ënh r±ng hóa h½c bá m·t dây d«n có thÁ phát hi¶n °ác b±ng vôn-ampe, và r±ng t½c Ù ti½n hóa khác nhau h¶ th½ng gi½a cá

Liên h¶ v½i câu h½i o l°Ýng b½t kh£ tri v) Ù (Ferro và cÙng s½ 2026, cùng t-p) là rõ ràng kó máy phân tích nào, thu g½n óng góp c¶a dây d«n thành mùt vô h°Ùng ½n. Vôn-ampe, n và Lee (2003), b½o toàn thông tin phÕ. C£ hai phép o Áu ch½ng minh r±ng phép ch½u v½ t½n s½ ½n -- lo½i b½ thông tin mà phép o a chiÁu b½o toàn.

L-p tr°Ýng khách quan r±ng "m½i cáp nghe gi½ng nhau vì m½i cáp o gi½ng nhau" dĩa trên mô t£ §y ½ tr½ng thái liên quan âm thanh c¶a cáp. Dĩ li¶u vôn-ampe cho th½y phép o thÁ chiÁu c¶a tr½ng thái cao chiÁu h½n. Tr½ng thái này ·c tr°ng cho dây d«n, phá thuÙc nÁn v hay không, nh° m½i khi, là câu h½i ti½p theo. ó không ph½i là cùng câu h½i.

5. H N CH¼ VÀ CÔNG VIỆC T- NG LAI

Chúng tôi th½a nh-n mùt s½ h½n ch½.

Phép o vôn-ampe òi h½i ti½p xúc i¶n phân tr½c ti½p v½i dây d«n và do ó phá h¶y theo n c-n nh½, ã niêm phong trên áo cáp. Chúng tôi ã chẾ ra r±ng cÕng có thÁ °ác niêm phong tính ch½t i¶n thông th°Ýng c¶a cáp, nh°ng khách hàng coi tr½ng tính nguyên v½n thẾ giác ãy là s½ ánh Òi ch½p nh-n °ác.

Ch½t i¶n ly không n°Ùc chúng tôi sí d¶ng (TBAPF6 trong acetonitrile) °ác ch½n Á tránh ch½t i¶n ly ½nh h°ßng ½n giá trẾ tuy¶t N½i c¶a các chẾ s½ d¶u v½t, m·c dù trong nghi½n các ch½t nÁn °ác b½o toàn qua ba ch½t i¶n ly thay th½ (LiClO4 trong propylene carbonate eutectic sâu dĩa trên choline chloride và ethylene glycol). Chúng tôi khuy½n nghẾ công v i¶n ly ½n Á cho phép so sánh gi½a các phòng thí nghi¶m.

Ph½n éng vôn-ampe ph³ng c¶a YBCO ch°a °ác gi½i thích. Chúng tôi ã °a ra ba gi½ thuy½

d«n éc ch½ chuyÆn iÇn tích giao điÇn qua c½ ch½ t°ng tñ hiÇu ếng Meissner cho dòng ch½ không ph½i cho t
m·t Óng-oxit c¶a YBCO òác Ôn Ænh ß tr½ng thái siêu d«n theo cách ng n anion hexafluorophosphate hình th
bÁ m·t thúc ©y Ænh vôn-ampe trong Óng th°Ýng; ho·c (c) k½t quÆ là giÆ t½o thi½t bË ·c thù v½i hình híc o
òác giÆi quy½t trên thi½t bË khác. Chúng tôi ã thí giÆ thuy½t (c) b±ng cách thay BioLogic SP-300 b±ng CHI
quÆ không. Chúng tôi ch°a thí giÆ thuy½t (a) hay (b) theo cách có ý ngh)a nào. Chúng tôi ã ki½n s½ tr½ l½i v
bài báo ti½p theo.

Chúng tôi ch°a mß r½ng phép o cho m«u cáp kéo t½i các v) Æ phi xích jo. Thí nghiÇm v
hành hoàn toàn trên cáp ch½ t½o t½i c½ sß Quito c¶a chúng tôi (Tropic, Meridian, Equinox,
t½i Quito. LiÇu v) Æ ch½ t½o dây d«n có Ænh h°ßng ½n d¶u v½t vôn-ampe, Æc l-p v½i thàn
liÇu thí nghiÇm trên ba m«u Óng OFC kéo t½i 0,0000deg B, 22,5deg B và 47deg B cho th½
14 ph½n tr m so v½i m«u v) Æ cao h½n, phù hãp v½i rñi lo½n biên h½t giÆm g½n v½i thiên l
ph½i c½ sß c¶a b½t kó phát hiÇn nào báo cáo trong bài báo hiÇn t½i.

Chúng tôi ch°a mß r½ng phép o cho v-t liÇu iÇn môi. Khung vôn-ampe thích nghi tñ nhiê
kháng ch½ không ph½i vôn-ampe DC. Áp d½ng kù thu-t t°ng tñ cho PTFE, polypropylene, v
và có th½ giÆi quy½t câu h½i nÁn- iÇn môi theo cách mà phép o iÇn dung thông th°Ýng ch

6. K½T LU½N

Chúng tôi ã ch½ng minh r½ng vôn-ampe vòng, áp d½ng cho dây d«n c¶p âm thanh qua giao
v½t có th½ tái l-p, ·c tr°ng cho dây d«n gÓm dòng Ænh oxy hóa, t÷ sñ éc ch½ quét và iÇ
giao thñng kê v½i phép o iÇn thông th°Ýng và phân giÆi các khác biÇt ·c thù ch½t nÁn r
sàn nhi½u c¶a chúng.

Óng OFC, b¼c ½n tinh th½ và dây d«n gñm YBCO t½o thành ba hí vôn-ampe riêng biÇt. D¶u
nhi½m nhanh -- phù hãp v½i bÁ m·t không Óng nh½t, nhi½m b©n cao. D¶u v½t b¼c h½p h½n,
D¶u v½t YBCO, ß tr½ng thái siêu d«n, ph½ng ½n gi½i h½n phân giÆi thi½t bË c¶a chúng tôi.

Chúng tôi không kh½ng Ænh kù thu-t này thay th½ bÙ o l°Ýng thông th°Ýng. Chúng tôi kh½
c¶p truy c-p ½n mùt l½p tính ch½t dây d«n -- hóa híc bÁ m·t, Æng híc t½p nhi½m, không
th°Ýng không òác thi½t k½ Æ phân giÆi. Tính liên quan âm thanh c¶a các tính ch½t này, h
c¶a Hertz và c½ng sñ không kh½i ½u b±ng viÇc h½i liÇu dòng Ænh vôn-ampe có t°ng qua
½u b±ng viÇc h½i dòng Ænh vôn-ampe o gì, và câu h½i h°ng vË òác giÆi quy½t vÁ sau kh

Chúng tôi khuy½n nghË cùng cách ti½p c-n cho âm thanh. Ôn Ænh phép o tr°Ùc. Xác Ænh
h½i nghe.

Hertz, Nakahara, và Boettcher ·t mắc tiêu pha cã phê tñt h½n qua cñc nh½t quán h½n. H½
nh½t quán, không ph½i c½i thiÇn, là mắc tiêu -- r½ng khung o l°Ýng phân biÇt gi½a các tr½
Æc l-p v½i b½t kó tuyên bñ nào vÁ tr½ng thái nào òa chu½ng h½n.

Chúng tôi Óng ý.

MÙt phép o phân giÆi khác biÇt dây d«n phã thuÙc ch½t nÁn là, tñ thân nó, mùt b°Ùc ti½
ng°Ýi ch½n th½ng gi½a các ch½t nÁn. Nó yêu c½u chúng tôi th½a nh-n r½ng các ch½t nÁn kh

OFC và b¼c và YBCO không giñng nhau. D¶u v½t vôn-ampe cho th½y chúng không giñng nh
òác hay không là câu h½i cho phòng nghe. Câu h½i liÇu nó có th½c hay không, chúng tôi A

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [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.

