D E F GH I JK L M N O P Q

! R S T U V W

! " # $ % & ' ( ) * + , - ./ 0 1 2 3 4 5 6) 7 8 9 : ; 3 < = > ' (? ? @ / 7 A B @ / C % C D EF G H I .J K L M .N O P Q .R S T U V W X Y Z P [7
\ ] .^ @ / _ (` a b c .d e f g h i ' / j k l m n o p ' H i .q r / s > ' H i t I u v / j w (x 7
A g y z { @ / | } ~ ! " w # $ % '& ' ( ) * + , - i X x . @ / Y / 0 / 1 * 2m 3 7 4 B& 5 - H u Q 2' @ / 6 g O 7 / 1 * ' $ 8 9 9 0& : H 6 ; 2<& : H 7 ; 27
& A = 5 / 0 g > ? @ A 20 B c) C D ' E F G : H 14 5 J K L M H j @ / Y / 0 ' Y N O 72P a ! Q R S 9 .z { @ / | } ~ ! " w # $ T E! " # $ % & U V W & X ' Y Z w H g [\ 7

H X Y O Z [\ J

W & X] w ' & F G : H 2. ^ ' g & F H 2& G H 2& : H 2& H H 24 5 H j @ / Y / 0 7 A B / 0 ' _ ` - a 6 g& 5 - H u Q 27
b @ / j& c 2N H i .d d g a v + e f g
& ^ \ h g 7 2W & X i jk w z l & m n.@ / s P o p l m H i .g q a r s t u v .A g (0 w \ ' x y . z .{ 9 | } ~ % V ! 7 \ ] .y " t u v / j w # h $ .9 ? , @ / c C % % * & s . ' (A 0) * + , _ 9 | - . 7
H j @ / ' n m / 0 v A x ' 1 2 7
& p > ? C D 'E : H 6 ; I<E : H 7 ; Ia 3 .4 1000 5 / j w ' t u v s ; 6 p 7 u 30 8 5 72W & X 9 & A a > .> ? : m vE 5 0 u 1 I' ; < 7 2
N v r s t u v Q .H j @ / / j w ' = > ? C s ; 6 p 7 u @ A @ / / j ' 3 B 7& C u r s = > ? C ' D / .9 ? % % E u F G H 7I F G H > z ' 0 J K ; L h M @ / .` c .@ / T g > z N O P : 'E % 8 D / I7 2W & X 9 7
N v) * Q R Q .H j @ / S a 9 T U V ' W g X ' Y V 7
O 7 / 1 * > & / 1 Z 2 ? 5 Q [E] \ Ej * E/ 0] ^ _ { A B @ / Y / 0 ` a / 1 7 % { b b c d .Y / 0 e f ) * ' ` c .g h i 6] .< j v k l H j @ /] \ h m ' , n 7
{ "& F G : H 2H j @ / Y / 0 .w z | } o o p q r s K O t Q & H j @ / z v > + w x .A B / 0 y 3 i Ez { | E} ~ Eh i 6] Er s t u v < = > ? C .g , (' + / 0 7 2

L] ^ _ O ` a

A 5& , (' + / 0 2g K ! (" ' g
$ ' % & " ' ( ) ! " * - P Q ' Y + w ! , - 7 4 - . V (. / V 2000 X B 0 1 ' 2 / 3 7 P w .d 2 @ / 3 ' _ 4 q 7 u 10 5 X 6 . 2 @ / ' / 0 T 7 u v 84 5 7
H j @ / ' # 7 8 q q 9 A . 2 / 3 w 7
2005 B . W & X R : ; < u 2 / 3 : = > ? 7 @ Q m .A - ' 2 @ / h d 1 k X x A B r .] C D V E C @ / ' F G - H 7 I P g Y + 2 @ / w ' H j @ / . H i / j + Y Z .0 Y T J - .h K / j y L . M N 7
K ! O 2 @ / ' P Q 8 q Q R P @ . ' @ / S + , C V) * g R 3 A 5 T n . W & X U Y + H j @ / t V R W ! " .X H r p] @ / / 0 ` a v Y Z . # " 2007 B 4 [ U \ ( ] Y Z : > ^ _ J u ` a b c / d D 0 8 = 7
O e ' f g B) . W & X R : ; < h h V V EY Z ED ^ E_ J Ei j k k& 4 B B .# l ' g E ^ .4 B m n = o 5 [E (5 X p 7 2e q r (s t 3 W & X u l ! Em / f v T U ' w x W y & z ' c { . > ? | } h > , ~ E ! 7 2
" # h $ V # 9 7 2019 B .W & X ; < N " % D n ' & F G : H 24 5 H j @ / Y / 0 & (J) Y / 0 ' .(0 v z) H j @ / / 0 ' * h 7+ , ~ N / & (2020 B - z { ~ Q . / b] / < 2023 B - 0 z 1 Y 2 3 / 7

H b c d e f * g J

5 ! " # $ % & ' 4 > w 5 u W & X # h g 6 , 7 .q a @ '& - a 2+ . 8 9 9 0 9 : + % .] C (5 ; < J E(5 ; < = 7
& A g W U V > ? @ A B f - ' E e

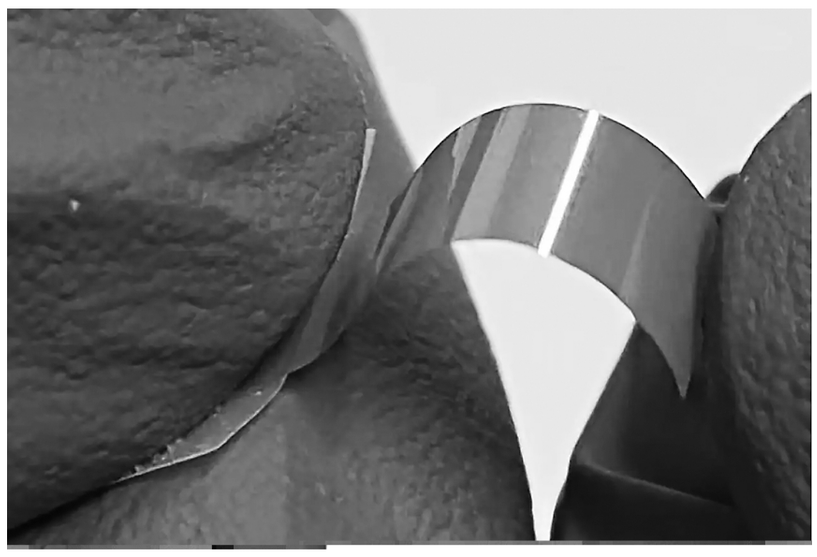
| } ~ M
! ")
> ? U B C

1 C I.a v C D n S + ' @ / .@ (B C (B = @ D E@ D .(> E q F @ 60 B 72 W & X ' G H 9 7
+ X 9 I w .w w J 3 / d K ' W & X h r g % & U V .S r g (L& M # N 27 h K q 2024 B .A L& M # N 2k O n v (6 + X % & U V | O h n ' 7 P 9 9 0 @ b 4 5 @ /& Q 2n v * 5 R ' w Q 7
7 P g A x ' u> z S T U V < L W J d = 5 @ / $ X Y Z [\ . Q] _ ^ m : ' _ , & F G : H 2 H j @ / D N e .Y / 0 ` - [\ . Q] .(- N a < W & X _ a ' (V , n 7
(7 b " c = Y ' > ? w .W & X 5 u v d e 7
& " c = Y X a 3 = < f = . Q] [\ . ' m] / $ V g h a i .] C " c - j ' Z { k 6 ED l ' m W = | F V n C J H j @ / o / h - .C p q r / * 7 2W & X 9 7
2022 B 9 [. ({ N a s t / $ ' u $ v w v x > ? y ! ' W & X 7z ^ { g& F G : H 2H j @ / ^ _ (| } ~ 7 a n Q 1600 5 R .& (v& F G : H 24 5 H j @ / / 0 ' ^ ! " D #) ' M @ / $ % | ~ 7
& a .' ( ) /) * + , - v 2 5 . 6 / = @ / d 0 1 .- (9 g U " c , - H j @ / Y / 0 d 0 8 = < ^ ! " D 8 = .2] [\ . " D > X 7
A (N 3 ' 4 (5 \ 6 9 7 8 .h K W & X e " .P a D 0 9 { . C D Y / 0 ' ` c .: ; D 0 < = C > A ? ' 1 k M @ [A .B g # F | m P C * D T ' 7 P 7a O .W & X E \ = 7 _ ? F G H . I I \ h h J ! 7
& e 3 K @ > ? ' ! " N / C D ' L 0 A ? ' @ / .> ! (A k M > N { v 72 W & X 9 7
A g # 6 @ [\ ' 7 P f g
& V (7 .> ' & > u : O c .b > ? C D ' (5 @ / P Q v (5 R S T ' U : 7 4 5 U : h I b / j , ((O b V .m / W T | , - X v 7 e u 4 (Y .> Z g W H [v 7 2W & X 9 3 % \ & " 7

' ( ) *

t u vf w kx y $ z { ' (

R S h @ A M .C J J M .D V h ` B C ' d : - A 7 X S g (0 Q + ' = D | .C 6 p O D V (_ F ; ' d : p + E ' F (G = .N a o p d : X / ' P * < = 7 h K .> X % ; ' % & @ A M H I _ ^ @ E 7
A] .0 u % & O U V I Y J EU V 3 d X K ^ l ~ % & G j U V $ L M Ec 7 % & U V w N ~ P .K @ O R { @ A M ` a d D P) . > X % & X Q @ A M H 7 + , ! " N / Q c "k ' \ n7
! " 9 O g 3 ' @ R S]) : | . & Z + T 4jCVDk U V W > > > @ A M H .\ e U O R X @ A M Y : c _ # D f _ P) .A x 6 p U # 4 ' 2 Z [@ A M H P) # e x P v y # 4 A 7
@ ? Q m .A 0 ^ (P) ' @ A M . \ C & .h u (R N .0 9 ' S Q] g Z ^ _ .] C [, F G .6 p @ " U ` . ' a b ~ 7
; A B .' ^ (F , % [\ > X % _ 4j2 Z [Q D kE% &j c R N d - kE % B j c e N c _ f g - k < % h A j360 i 6 j k k' @ A M H 7 A B J * ; ' H D V B l ' 6 % | c _ .w x 2 3 ' R o p ~ .P % h A - A m n s > @ " M [k \ f @ .] O a 4 B d s ' H W ((: m ' f @ 7
& A h y (O 9 E & M o p ' 7 ? ! " .^ c ' @ q . O R 5 M o w > X n \ (r M o p 7 > 5 " U E K A 0 ^ (g 6 p @ " @ A M 7 2Z z H s % & ' Julie Macpherson 9 7
& A 0 Y ' P) ^ (U N a X 0 z ! z t < : O ^ (' { = 7 2t u % & ' Mete Atat"re 9 7 3 & ' (4
Y S / 0 5 6 1 *https://doi.org/10.1038/s41586-024-08218-x*



! "# $ % & ' ( )

> ? @ A B C

! "

b c d ef g h i j klm n o p q r s

! } ~ q

! " # $ % & ' ( ) * + , " - $. # / $ 0 1 + , 2 3 ' 4 5 6 7 8 * 9 : ; < =) > ? @ 1 A B C
D E *" - F G .# / F G 9 H 1 I J F G K L ' M N *O P 7 Q R .7 % S . 7 T U .7 V W .7 X Y .7 " # Z [4 C
! " \ ] ^ ' _ ` a b c + *\ d " e] 8 O f g ' h i j k *l m ' F G n o p q r s t u v w A B x y Cz { | } ~
! " T U # p O *$ % ' ` & ^ ' ( ) * 1 + , - . / 0 * 1 2 + 3 _ ` 4 5 C 6 7 8 9 / 0 *: ; < = > ? + , " # $ @ A B C D 8 ' E F # .G H # C
I 20 J) * $ % } + , " - $ K # / F G p O L M N O 8 P C Q n R % 9 } k + S T . U * V W $ % Z N O % X Y Z *[\ ] } ^ + _ ` Ca b *R % c d e > f + , " # $ g h ? i * } jU . 7 U ' + , k I l m D 8 > ? *\ d ! _ ` ! " T U # ' n o @ p 8 m > ? Z p O *c e q k r C
s tu " - + , vw | " # % & x + , " - s y z { ' | \ F y *} | + F G % & ~ " - F G .# / F G a ' E F p ~ C 1 ! *R " # $ = > ?u " - + , v% s tu + , + & v' ' (C6 | 9 } > ? 2 3 r % ') % * @ e ' + D C
, - |u " - + , v./ | \ + , 3 0 p + , 1 2 .+ , B D .+ , S @ .+ , @ A .+ , k I 5 3 p O a 4 " - 3 $ 1 g h *\ + , 5 6 7 5 8 9 1 : ; *< b A & 5 6 L o 3 0 *' > + , = .> B . Y ? @ 'u + , + & v*@ A B C + , = B . z { 'u + , " # $ vD 8 C
u " - + , v ' > ? A B C D E + p O C 7 | > ? + , " - $.# / $ D 8 ' E + g h ? i *s t F E G H N .4 5 1 ~ .@ A B C I + J / M 7 D ' " # + , r %u E K vLM | s t " - + , @ A N O P N Q R *k S T U K z { 6 V W X . W 6 V 4 Y . < @ z { ' N O C
u _ ` + & v|u + , + & v' E F Z H [ \ *} | # / F G ' ] ^ _ } C / ` a M * & ' J / *| 7 3 b + , c d .+ , e d K + , 4 1 I f F H } _ ` g ' I & h # / $ D 8 C a b *7 i # / c d 8 m */ j I ? c d + , 1 2 . _ ` 8 m K + , f g Z ' @ $ L7 i # / e d 8 m */ j p c d (' 5 6 a 4 L o K \ k L 7 i # / 4 1 8 m */ j 0 $ l m % n o Y @ 4 Q C
u _ ` + & v p _ ` @ A < " q r s @ A ' t u v w x y 1 " q # / $ @ A ' 6 v w *e ! z { ' @ A E ? Ca b *| _ ` s t 1 e _ ` + & ' \ .} u # / ~ 8 m *1 k ~ T U z { \ " # $ 1 ! ' 6 V W X . s " 7 # + $ C} ~ ! " _ ` ! " % & p O *_ ` + & / j 7 i # / c d B % ' Q # / e d i R *} \ .} u %, ( ) $ Q R * + z Q , - $ J . ' l m > / *< 0 1 2 * 1 + , - . 3 j 0 1 2 ' _ ` 4 5 C ! 4 0 _ ` + & v' @ A N 5 c C D + , 7 5 .1 F \ d 6 f g ' # / n + K @ 7 8 9 Z N 5 C
f E *R " 9 } : pu _ ` + & v" { 2 ; < S * % r o = = 7 > a { C 2019 J *R " ? @ # $ 6 7 A B C *< D t ' 5 * ? @ *z { H A } 30 6 X E P .F G e * ' H I *r H f # / F G _ ` + & 2 3 J 6 K L L2021 J *R " K @ 6 3 ? @ ; z ' # / F G _ ` + & B M N O o P , Q R / S *% 7 i = T 4 # U M LA v w *R " # $u " - + , 7 V W W u X Y ` v_ ` + & ' B M > / *9 } Z [ I J \ ]u _ ` + & v' ` g U M p ^ *" { # / F G _ ` + & } # / c d . # / e d . # / 4 1 7 D $ g ! / . p O ' B M *_ } ; ` R % j U 8 a b c d .) 7 d + , e Q z # *d f W g 8 + , G , K 8 J + , .h i j k G , @ $ i R ' S 8 % > I Ll m R % j U 8 a b c d W) 7 d + , e Q p 7 5 .1 F .n c % S # .T o # .V p # q ' r s t B / . C
D E *R " D G H ' x y | b u a 7 v w au " - + , v> ? x f 'u y 8 vB i C . O } S z g > ?u " - + , v.s t u + , + & v* b e S k S R % < Q { $. n Q $ + , + % ~ " - $.# / $ + , r % a *| Q F G .+ , .5 6 .^ } , K k I Z 6 3 2 3 N 5 ' ~ < @ *# 7 R % + , k I ' " - $.# / $! " *# + , @ = $u % & v.$u T A vC } ' a + , 6 V W X . Y S X { ' z { K J 6 p O * ( ) * + + a 0 1 R % ' 2 3 J 6 7 8 K s y z { ' E F H , *@ . O > ?u " - + , v.s tu + , + & v*H 1 " - + , 2 3 4 5 6 7 8 ' J 6 m . 8 C
3 U ! " # $ % & & ' (R S T U) * + , - . 2024 H $ % / " # J 0 1 2 3 3 3H L 4 & '5 L 6 $ 7 J8 9 : O S ; < = 4

$ % &

* + , - 8.6 . OLED / 0 1 2 3 4

R S h3 T U i j k h l m n o 4A] .w , < ^ _ Y < = ! " o ` ; V a ( ) < b c w F d l ~ V a ( ) ' $! Q > X ' e f g . 8.6] V h Q F b i i jOLEDk ^ _ 8 l X / a m b c N " - n . 2 1 v J e] OLED ^ _ 8 l& w z o p 2' Y q R 7
r & ; < & f R S 2z { s a ! Q t u & OLED 8 d ^ _ < = , v ~ 2 Q 2r & w x - .2] OLED 8 d ^ _ < = v y X A F z t E , v { | K } t | \ }] 8 ~ ! " . ' $ 2 Q n N { W # ~ ! . " X - n e f g . D V # 0 ' $ $ w X ' ' 8.6] OLED % & ' (^ _ 8 l . N " 2 1 e f 8.6] OLED ^ _ 8 l ~ < X / ' 3) 7 A { " > z : m OLED 8 d X $ * ' $ 6 + E , : Y G 8 d X $ J * ; Q] D V s Z - . 7
; / .OLED 8 d D V ' Q F E% J { 0 - E1 2 8 Eg i 3] P a . g Y ( ] $ 4 8 d ~ 7 O a .5 z o 6 .> z 7 " ^ E= 8 9] S : 8 d u $ + ; < = v 8.6] OLED _ l > X n , z 78.6] OLED ^ _ 8 l { " OLED _ l > , s Z . g OLED _ l ? @ ' W # A l < = .] c ^ _ o p : 3 ' # J D B . g z v 8 d : 3 l ~ C 2 ' a D < { a . S g > z F d 8 d X $ J * ; Q] ' s % E F < = @ G 7

5 6 5 7 8 9 : ; < = > ? @ A

R S h3 T U p q r k h l s t u 4 A] . H w # $ % & jp - I J H w # % kK a ' J X J L h M N l ~ X $ Q] ! O * > . J X J L h M N 1 Y ! " o x P N - 7
; / . ' ! " o Q R S ! : O , . 4 ~ H w # % J) l ~ & o E8 T & o EU S & o] X & o ' P V & l .W X P) 1 k D 0 E 1 k & EY Z # $ EK & Et | h l & E[\ l &] : 3 .\ ,] & o E] & l ' ^ O U 4 ; < ._ ~ u $ 2] l ! ` , E 9 B C * M X & ! K . . % a { ` J X J L h M N ' b ` 1 Y 7
H w # % M N l ! ; < y ! Q m .L h s ; 4 C p 1% .+ ^ " c % 280 d L h 7 Q] J L h M N h d F 5 % S > C J F ; K . < e = K f n g . g F h = { % i < i j ' ` ] Q k 7A B " . H w # % ; < J l J X J L h m h . M N C D ] 2 ` , . N " C D n X ; h h = E n o L h s ; 5 8% C p > 12% ' Y / p .` c 5 u M N . & c n o s D ; h = 7% ' , v 8 q .5 q X 5 J X EP * Ex r Es t D , v 8 q # f @ " X $ 7

B C < D . E F G H I J K L M N O P Q 3 R

R S h3 T U v w x k h l y z { 4] a .0 u Y ( ] ` v S e w x y 9 9 0 216TEU ` v S e w x y& z { | 2; g " } ~ - D 7' y y w z y ` ; \ ! S ! " o z t EwZ R " # } ~ " A y $ V a ( ) , p .U @ " 0 u $ % > & ' (' J n K w [j .) * 0 u ' + w , U V W 7
- & / & z { | 2 ; . > 93 N E y 1 20.8 N E A s 4320 d 7 P a 0 u U 3 ' (w x ' 9 @ K / . ' y ' z t p a 0 1 $ % > & ' (' J n [j . 1 ` Q R ` v w x \ P ' P V 7 $ Z | m 2 3 . ' ` v [4 .O ' (5 4 } S 6 6 EV 7 8w x ; % . ' (K w n g 9 k l ^ P V i % C J 8: ; A Q + .< = v ' (@ Y > ? M b 7 @ c 7
; A B & z { | 2 ; C ! v D % ' S e&) W 2uE o F G / K ` Q y H > v ( 5 I : ] J .J n K L E o ) M N . % O h = { * Z ' @ c 8 P . g d ~ [ j p l W 9 Q " & R S y . ) M N . ) * 0 u ' + w , U V W 8' ( T U [ j p l 6 p V { ' ( w ' @ D ` a W - V . [j . X e T ! (Y Z D | h * { U [> \ p N <] 8 ^ _ ` a p l 6 V n b N @ Y . ' c d * Z e Y f V 7

6 } = # $ % & ' ( ) * + a ,

R S h3 T U i @ @ 4A] . v 9 w ` ; h K p x Q } & 0 y z{ > \ j 2/ | 7 ' / | z j g& l ~ 1 Y 2030- s % r & 2P # $ > ) D 0 s % r & & P * z Y / 0 z t X C D 2' N / P ( 7 & P * z Y / 0 z t X C D 2r & ~ y , z P * J X ` : z t D 0 ~ | p # d 0 { g . y w z l & o c { R # $ > \ ! " o E w z # $ % & E v 9 w ` ; ] J v El ! o o < u $ _ ` # N 7
O a . v 9 w ` ; X V , l ! } L ~ B v& z 0 X $ * c G K ; Y F ` ~ ! Q M f @ 2 ! n .V { & a > z 0 X $ * c G K ; Y F ` ~ " | ] T n .! " z ' & | c G K ; Y F ` ~ ., - p ' = . # _ a W # ' z 0 X $ * c G K ; Y F ` ~ | p .! Q z 5 | $ % w & ] ~ .: m v ' ) ( ) s ; ' B % & | # _ .' A ? 9 + ' 0 z s > ` a % f # C D e] 7
8 " p * ! " N / . v 9 w ` ; _ ~ w z | } o o p E w z l & o c { R # $ > \ ! " o g + ! " O , - . ; < .2 ]& z / = \ ) * @ G X ) * I 3 3 Q ~ ! " 2r & .A K I 3 b 0 b 1 { z j a 0 E' ) ( ) E] \ M i t ' R % @ G . ` N 1 k D 0 ~ E) * y + ~ p M 2 i > \ * 3 S 4 ~ . : p n 0 y z > \ j 7
, - . c d . 0 y z h d j * _ 5 E] \ S a 0 6 .] C i t H I 7 9 . 8 ~ v b 1 { " k Y E6 6 M) * ' X R . @ G 7

S N T 50 U V W X Y Z [\ ] ^ _ ` a Y

R S h 3 T U v w x k h l v | 4] a .w g W u U g h g i 50 5 * j k d r & : m 0 l ; # m Q d 7- & / .' r & g > z \ (n p o p q = Y a s a ' % G k d F r r & P (.B Q d ; % 15 s * j c .] n R w 2 t b u v 46.3 5 d .R M b y . w v 124.6 5 d 7
& r & C ! > z x c = Y Y F % 3 y g z 10 { | ` } P * g y + h . ~ j Y F % J ! 0 R " ' " \ K d # T n 7 2w g W Y F % u U ` ( ) > X w = : # j $ % & A B . ' z ! D V P @ ' " \ ' \ - A < (" y) F (. ` c 6 C J p l ' * M l ; < * M 0 . 5 ] w + Y F % d ( % [ \ Q P . F , ` (9 e - k d 3 p M u U g h Y 3 d m ' a 0 ' _ w a 7
w g W Y F % u U g h g i 50 5 * j k d 3 3 > . B c d . w g W 1 Y , /& n A 0 1 2 2F { 3 4 ~ . A z) U 5 3000 N p > J / = Y Y F % 3 y s 6 g 7 f @ . U V n C p k d 3 3 4 ' a 0 A < 7 8 A 7
; A B & n A 0 1 2 2 g # a D ' F { ~ M n P (. A K (\ B a ' > k [9 : ; . U W < F 9 : u L " 9 : ; > ^ ' ` { i > . `] { i) ' = { A * % { . X > ' { F U s > @ " 3 y ' 3 { 7 : ; [u .' r & C ? ' W < F ` { 3 V n ; _ _ 4 7 1800 B ^ N .6 3 { _ 4 v 1600 B ^ N . F , Q 3 y % (Y 3 C 3 4 B ^ N 40 j ' { ; 7