

Intrinsic Transparent Conductors without Doping

Xi'e Zha^g,¹ Lijun Zha^g,¹ Jihong Pei,² and Aezhen Zeng^{1,*}

¹ School of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, China
² School of Physics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100084, China

(Received 27 March 2015; published 23 October 2015)

Transparent conductors (TC) combine the advantages of a wide optical transparency and a high electrical conductivity. The ideal TC should have a high carrier concentration and a low scattering rate. We propose a different idea for TC design — a high carrier concentration and a low scattering rate. We identify the specific design criteria for the free charge carrier TC candidate materials. We identify the specific design criteria for the free charge carrier TC candidate materials. We identify the specific design criteria for the free charge carrier TC candidate materials. We identify the specific design criteria for the free charge carrier TC candidate materials.

DOI:

10.1103/PhysRevLett.115.134701

specific $\text{Ag}_3\text{A}_{22}\text{O}_{34}$ in the he ag a
 $P6_3/c$ $\text{Ba}_3\text{Nb}_5\text{O}_{15}$ in the $P6_3/c$ ag a
 $P4/b$ $\text{Ba}_3\text{Nb}_5\text{O}_{15}$ in the $P4/b$ ag a

e. i. e. a. i. c. b. e. h. a. i. s. The α i. c. α e. a. e. h. i. b. a. e. d. c. s. e. e. d. i. c. i. t. h. e. d. i. a. d. e. (Fd-3.)
 f. c. s. e. [Fig. 3(a)] i. h. DFT e. e. c. f. i. c. f. c. s. e. c. a. c. -
 a. i. h. i. Fig. 3(b).

The δ e. i. e. d. e. i. g. s. i. c. i. e. f. s. h. i. s. t. e. (ITC-2) i. c. d. e. h. e. f. i. g. (i) A α g. e. d. i. e. c. t. g. a. b. e. h. e. h. t. e. α g. f. i. b. e. i. g. h. t. b. e. e. h. e. δN_e p. h. a. d. δN_e p. h. b. a. d. (N_e i. h. e. b. e. f. e. c. f. i. h. e. s. i. i. e. c. e.) h. e. i. c. a. i. b. e. e. h. e. d. e. a. f. f. e. c. t. h. e. α e. c. f. s. i. b. e. i. g. h. t. a. d. a. α i. d. i. e. c. t. g. a. T. h. i. s. e. i. e. h. e. δN_e p. h. a. d. δN_e p. h. b. a. d. t. b. e. h. i. g. h. d. i. e. a. d. e. a. α a. e. i. a. s. i. f. h. e. B. i. i. z. e. [e.g., a. g. h. e. Γ -

e α a ed b a α g e α g i d [ee, e.g., Fig. 4(a)],
 the i α ba d i ca α a i i a α the e α g i d
 d e α affec the α a α e c f α i i b e i g h. (ii) The
 ca α i e de i () a d d i α i f the α i a fi ed ba d
 [ee Fig. 4(a)] eed α be fficie α f α a . a
 f e e c [25] $\sim \sqrt{\quad / \quad}$. (iii) The i ca α a i i f
 the e e c α (h e) f the α i a fi ed ba d the
 ba d ab e (be) the eed α be ea a α t t
 ad α e affec α a α e c .
 F i g h e f α . a ed de i g α i c i e , e i e c a
 fe h d ed f α a ide i ICSD [18], i g f α
 ea - c e α e id a a e ce j j $\frac{1}{4}$ l (ch a Ag₃A₂₂O₃₄
 ha i g $\frac{1}{4}$ l) i h ca α i e de i . We α eadi
 ide if ca dida e ITC-3 a α i a : Ag₃A₂₂O₃₄ a d
 Ba₃Nb₅O₁₅. The α h e d a ic abi i i de α a ed
 i the S e e α a Ma α i a [21], Sec. I. Ba₃Nb₅O₁₅ i

fficienza, eadighe leia e ed
 e ffcia a aia, cha he b c -
 d ha ffee caie ih e i ic d ig
 hie ai ai ig a aec edic ed i hi d .
 A ida ce f de ibe a e d ig [c a e Fig. 1(a) ih
 1(b)] a cic e e c a defec a d c d h
 i if he a a fac i g ech i e c a e d c e
 e e ha e hea , a d fe e i ib i d ig .
 I deed, a e e e ded ea ch f he e f c i a i e , i
 a a e ih abi i a d g abi i cac a i (e e -
 ified b Fig. S1 i he S e e a Ma a [21], hich
 i c de Ref. [32-35]) a g i he e i e a a i f
 ch e e i gh e be he a a cce a e d i c e
 ffcia a aia .

This a e ed b he U.S. De a e f
 E g , Office f Scie ce, Ba ic E g Scie ce, Ma a
 Scie ce a d E gi ee i g Di i d e G a N . DE-
 FG02-13ER46959 C.U. We ha Li i g Y a d
 Gia ca T i a chi f e h e f d i c i . Thi e
 e e e f he Na i a E g Re ea ch Scie ific
 C i g Ce e , hich i e d b he Office f
 Scie ce f he U.S. De a e f E g d e C a c
 N . DE-AC02-05CH11231.

*C e e di g a h e .

a e . z . g e @ c e a d . e d

P e e a d d e : C e g e f a a i a c i e c e a d E g i e e -
 i g , Ji l U i e i , Cha g ch 130012, Chi a .

[1] D. S. Gi e , H. H , a d D. C. Pai e ,
 (S i g e Scie ce & B i e
 Media, Ne Y e , 2010).
 [2] A. V. M h a , (AVA a d e i e -
 e ag G b H & C . KG, Sa a c e , 2011).
 [3] K. Wa a , S. Ha a a a , a d T. Hada , E e c i c a a d i c a
 e e f e d - Z O Si h e e J c i , J . J .
 A . Ph . **10**, 1732 (1971).
 [4] I. Ha b e g , A. H j e b e g , a d C. G. G a i t , High
 a i f a e h e a e f e c e f e a c i e e a e d
 i d i i d e , A . Ph . Le u . **40**, 362 (1982).
 [5] H. Ka a e , M. Ya a a , H. H d , M. K e i a , H.
 Ya a g i , a d H. H , P e e e c i c a c d c i i
 a a e h i f i f C . A O 2 , Na e (L d) **389**, 939
 (1997).
 [6] K. Ha a h i , S. Ma i h i , T. Ka i a , M. H k a , a d H.
 H , Ligh i d c e d c e i f a i a i g e f a c -
 i d e i a e i e e e c i c c d c e , Na e
 (L d) **419**, 462 (2002).
 [7] G. V. Nai , J. Ki , a d A. B a e a , O i d e a d i f i d e
 a a e a i e a i c a e i a i h e i c a a g e , O t .
 Ma e . E e **1**, 1090 (2011).
 [8] H. Mi g chi , T. Ka i a , S. Ma i h i , a d H. H , A
 g a a e f a e c d c i e d e , Na . C **2**,
 470 (2011).
 [9] A. K d , H. Ya a g i , H. H , a d H. Ka a e ,
 S C 202: A e c d c i e d e i h i d e b a d
 ga , A . Ph . Le u . **73**, 220 (1998).

[10] . Kia a d A. Z g e , O r i g i f C e i e c e f C -
 d c i i a d T a a e c i S O 2 , Ph . Re . Le u . **88**,
 095501 (2002).
 [11] T. R. Pa d e , A. Za a e , S. La , M. d' A e z a c , a d A.
 Z g e , D i g e e a d d i g e i A 2 B O 4
 i e i d e , Ad . F . c . Ma e . **21**, 4493 (2011).
 [12] G. Ha i e , A. Mig i , G. Ced e , G.-M. Rig a e e , a d X.
 G z e , I d e i f i c a i a d d e i g e i c i e f h e
 e f f e c i e a e f a a e c d c i g i d e , Na .
 C **4**, 2292 (2013).
 [13] E. D. Pai ,
 (Acade ic P e , B , 1998).
 [14] K. S. Ki , Y. Zha , H. Ja g , S. Y. Lee , J. M. Ki , K. S.
 Ki , J.-H. Ah , P. Ki , J.-Y. Ch i , a d B. H. H g , La g e
 ca e a e g h f g a h e e f i f e c h a b e
 a a e e e c d e , Na e (L d) **457**, 706 (2009).
 [15] T. Oh a a , J. O b , T. S z i , H. K i g a h k a , M.
 O h i a , a d T. Hi g i , A -T e f a e c d c i g
 i d e : Nb12O29 , J. Ph . ac Che . H . **211534624** / (2011) / P e c i c f 1 T j / 55
 [16] J. a d e G e , P. S i e i , a d A. P a a , T a a e
 c d c i g i e a i e e e , Na Le u . **12**, 3138
 (2012).
 [17] X. Me g , D. Li , X. Dai , H. Pa , X. We , L. Z , a d G.
 Qi , N e a b e h a d f a e c d c e i TiO2-TiC
 e : D e i g a e i a f e a c h , Sci . Re . **4**, 7503
 (2014).
 [18] I e g a i c G a S e c e D a b a e , F a c h i f e a i z e -
 e . K a e h e , G e a , (2006).
 [19] W. A. E g a d , A. J. Jac b , a d B. C. T f i e d , S e c e a
 d i e f h i g h i c i e e i c e a i e d i .
 a d i e b e a a i a , S i d S a e I i c **6**, 21 (1982).
 [20] B. He e , S. A. S h i e , T. Sie g l , A. T. Fi e , a d J. V.
 Wa z c a , S e c e a d e e i e f e d c e d b a i .
 i b i d e i g e e a b a i e d f e b a e f e e ,
 Che . Ma e . **3**, 528 (1991).
 [21] See S . 9 () 0 (f) T N b 1 2 O 2 9 ,

- [29] J. Mahajan and D.G. Schaefer, On the interface — a \mathbb{Z}^d interface process, *Science* **327**, 1607 (2010).
- [30] K. Lee, S.W. Kim, Y. Tada, S. Maehashi, and H. Hoshino, Dimerization of α -synuclein: a \mathbb{Z}^d interface process, *Nature (London)* **494**, 336 (2013).
- [31] A. Faraçcheo and A. Zanghì, The interface between the β -sheet and the α -helix, *Nature (London)* **402**, 60 (1999).
- [32] V. Sellaic, S. Lal, X. Zhang, and A. Zanghì, Crystallographic structure of the α -synuclein dimer: a \mathbb{Z}^d interface process, *Phil. Mag. B* **85**, 115104 (2012).
- [33] R. Gajda, X. Zhang, L. He, L. Yi, Y. Li, T.O.L. Sunde, D. Chiu, K.R. Pedersen, and A. Zanghì,