



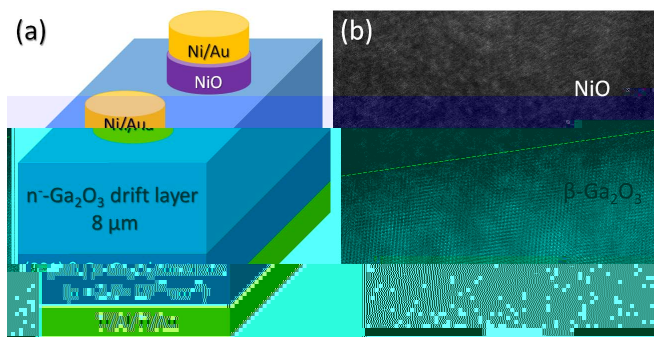


Fig. 1. (a) Schematic device structures of the vertical NiO/ β -Ga₂O₃ heterojunction p-n diode and the Ni/ β -Ga₂O₃ SBD fabricated on a bulk β -Ga₂O₃ substrate, (b) cross sectional TEM image showing the hetero-interface between NiO and β -Ga₂O₃.

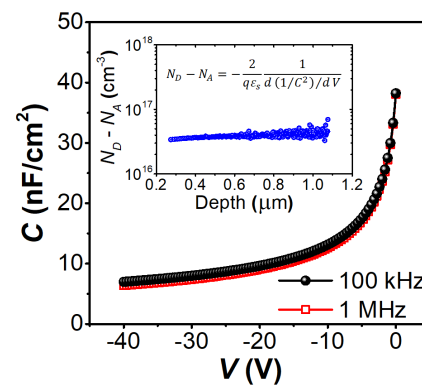


Fig. 2. *C-V* measurement performed on the fabricated Ni/ β -Ga₂O₃ SBDs at 100 kHz and 1 MHz. Inset: Net doping concentration ($N_D - N_A$) in the epitaxial β -Ga₂O₃ drift layer extracted from the *C-V* measurement.

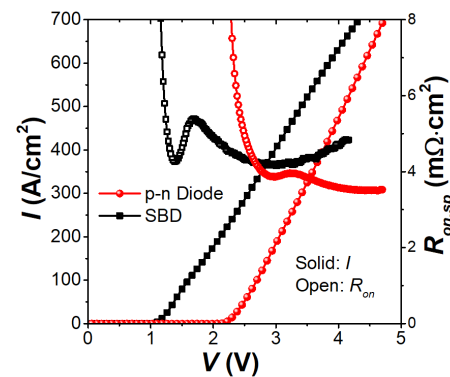


Fig. 3. Comparison of the forward I - V curves for the fabricated NiO/ β -Ga₂O₃ heterojunction p-n diodes and Ni/ β -Ga₂O₃ SBDs in a linear scale.

(20/150/50/80). T, 200 NO a NO a a - c .T c A /O₂ (15/5 cc) a b a c a b 3 T a a - c (RF) 150 W. T a NO 0.75 / . F a , a c c a SBD b -b a a a a N/A (50/100) a ac .T a c b c c a a a 200 μ . F . 1(b) - c c a T a E c M c c (TEM) a NO/ β -Ga₂O₃ c . I ca b b a NO c a a - ac b c ab . T a - ac a ac c ca c .

T a a NO, a a
 200 NO a b a
 b a a c a c
 ab ca c ca ab a Ha a -
 . T NO a ca ba a ~ 3.7 V.
 A c a - c c b a a a
 c c a a 1×10^{19} c $^{-3}$ a a a
 b 0.24 c $^2/V.$, a a
 a a NO . T c c a
 a a a c c c
 aca c c c a b N $^{2+}$ N $^{3+}$, ac
 c b a a [22]. T a ca
 b a a a N $^{3+}$, a c a
 a ca a ca c a
 b a a ac a c .

III. RESULTS AND DISCUSSION

$\mathbf{F} \cdot 2$ ∇ $\text{ca ac a c - a (C-V) a}$
 a ∇ $\text{ab ca } \nabla \text{N}/\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3 \text{ SBD a 100 H}$
 a ∇ $1 \text{ MH} \cdot \text{T}$ ∇ $\text{c c a (N}_D - \text{N}_A)$
 a ∇ $\text{a a } \beta\text{-Ga}_2\text{O}_3 \nabla \text{a} \nabla \text{ac} \nabla \text{b}$
 a ∇ $4 \times 10^{16} \text{ c}^{-3}$ ($\mathbf{F} \cdot 2$) $\text{acc} \nabla$

$$N_D - N_A = -\frac{2}{q\varepsilon_s} \frac{1}{d(1/C^2)/dV}$$

$$N_D, N_A, q \text{ a } \mathbb{G}_{\varepsilon_s} \text{ a } \mathbb{G} \text{ a } \mathbb{G}_{\text{acc}} \text{ c c a-} \\ \beta\text{-Ga}_2\text{O}_3 \text{ b a , c c a a } \mathbb{G}$$

β -Ga₂O₃, c . T Sc ba
ac C-V a 1.3 V,
T a (I-V) c
ab ca ca N O/ β -Ga₂O₃ c -
a N/ β -Ga₂O₃ SBD a F . 3. T -
a (V_{on}) SBD ac b a
1.2 V, a
 β -Ga₂O₃ SBD a [10] [14]. O
a N O/ β -Ga₂O₃ c - a V_{on}
a 2.4 V, c a a ba a a
ca . F . 3 a c a R_{on,sp} ab-
ca c . Ob , N O/ β -Ga₂O₃ c
- b a R_{on,sp} (3.5 Ω · c²) a
N/ β -Ga₂O₃ SBD (4.2 Ω · c²). F . 4 a
I-V c a c N O/ β -Ga₂O₃
c - a - ca . T b a
a ac a 1.22~1.57 a a a-
125°, a a c a ac
c b a c a c c
c [23]. S c c b a c a
N O/ β -Ga₂O₃ - ac , b a a
a c a c b a ac
c b a , a c
a R_{on,sp}.

F .5

ca N/O-β-Ga₂O₃ SBD. C a SBD a V_B

REFERENCES

- [1] M. H. A., K. S. A., A. K. A. A., T. Ma., a S. Ya a., D. a., *Phys. Status Solidi A*, . 211, . 1, . 21-26, Ja. 2014, [DOI: 10.1002/pssa.201330197](#).
- [2] M. H. A., G. H. J., G. a.: T. a., *Appl. Phys. Lett.*, . 112, . 6, F b. 2018, A. . 060401, [DOI: 10.1063/1.5017845](#).
- [3] T. P. C., I. O. a., M. H. A., H. Ka a., a V. Pa a., S. a., *IEEE Trans. Electron Devices*, . 64, . 3, . 856-873, Ma. 2017, [DOI: 10.1109/LED.2017.2653759](#).
- [4] B. Ba a., P. a., *IEEE Electron Device Lett.*, . 10, . 10, . 455-457, Oc. 1989, [DOI: 10.1109/55.43098](#).
- [5] E. G. V. a., K. S. a., Y. Y. a., K. A., a N. Ic., La- β -Ga₂O₃ c a a., *J. Cryst. Growth*, . 270, . 3-4, . 420-426, Oc. 2004, [DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2004.06.027](#).
- [6] Y. T., P. R. c., D. K., a T. F. a., C. c a., Ga₂O₃ c a., *J. Cryst. Growth*, . 220, . 4, . 510-514, D c. 2000, [DOI: 10.1016/0022-0248\(00\)00851-4](#).
- [7] Z. Ga a., R. U c., D. K., K. I c., M. Na a., M. P c., A. K. a., R. B. a., S. Ga c. a., M. B c. a., Sca. b. β -Ga₂O₃ c a b. c c a., *ECS J. Solid State Sci. Technol.*, . 6, . Q3007-Q3011, Ja. 2016, [DOI: 10.1149/2.0021702](#).
- [8] H. Mac. a., K. H. a., a T. F. a., G. a. T O₂ b b. c a b. a., *J. Cryst. Growth*, . 128, . 1-4, . 829-833, Ma. 1993, [DOI: 10.1016/0022-0248\(93\)90053-4](#).
- [9] A. K. a. a., K. K., S. Wa a. a b., Y. Ya a. a., T. Ma., a S. Ya a., H. a. β -Ga₂O₃ c a. a., *Jpn. J. Appl. Phys.*, . 55, . 12, 2016, A. . 1202A2, [DOI: 10.7567/JJAP.55.1202A2](#).
- [10] J. Ya., S. N. A., F. R., S. J. P a., S. Ja., a A. K. a. a., H. b. a. a. (-201) β -Ga₂O₃ Sc. c., *IEEE Electron Device Lett.*, . 38, . 7, . 906-909, J. . 2017, [DOI: 10.1109/LED.2017.2703609](#).
- [11] J. Ya., S. A., F. R., S. J. P a., S. Ja., J. K., a A. K. a. a., H. b. a. a. Ga₂O₃, *Appl. Phys. Lett.*, . 110, . 19, Ma. 2017, A. . 192101, [DOI: 10.1063/1.4983203](#).
- [12] K. K., K. G., H. M. a. a., Y. K. a. a., A. K. a. a., S. Ya a., a M. H. a., 1- V. ca Ga₂O₃ a. a. Sc. b. a., *Appl. Phys. Lett.*, . 110, . 10, Ma. 2017, A. . 103506, [DOI: 10.1063/1.4977857](#).
- [13] C.-H. L., Y. Y. a., M. H. W., M. Sa., N. Ta. a., K. K., T. Wa a., M. Ya a. a., H. M. a. a., Y. K. a. a., a M. H. a., V. ca Ga₂O₃ Sc. b. a., *IEEE Electron Device Lett.*, . 40, . 9, . 1487-1490, S. . 2019, [DOI: 10.1109/LED.2019.2927790](#).
- [14] N. A., M. X a., X. Ya., K. S. a., M. J. Ta., J. Ma., R. Z a., H. Wa., a Y. Z a., V. ca Ga₂O₃ Sc. b. a., *IEEE Electron Device Lett.*, . 40, . 9, . 1399-1402, S. . 2019, [DOI: 10.1109/LED.2019.2931697](#).
- [15] W. L., Z. H., K. N., R. J., Z. Z a., T. Q. T., K. S. a., A. K. a. a., D. J. a., a H. G. X., 2.44 V Ga₂O₃ c a. c. Sc. b. a., *IEDM Tech. Dig.*, D c. 2018, . 8.5.1-8.5.4, [DOI: 10.1109/IEDM.2018.8614693](#).
- [16] W. L., Z. H., K. N., Z. Z a., J. H., Q. T. T., K. S. a., A. K. a. a., D. J. a., a H. G. X., 1230 V β -Ga₂O₃ c. Sc. b. a., *Appl. Phys. Lett.*, . 113, . 20, 2018, A. . 202101, [DOI: 10.1063/1.5052368](#).
- [17] S. J. P a., F. R., M. Ta., a J. K., P. c.: Ga₂O₃ a- c. a MOSFETS, *J. Appl. Phys.*, . 124, . 22, 2018, A. . 220901, [DOI: 10.1063/1.5062841](#).
- [18] S. Na a., K. H. a., Y. Ka. a., Y. K. b., B. a- a. c/S c. c. a., *ECS J. Solid State Sci. Technol.*, . 6, . Q3030-Q3034, S. . 2017, [DOI: 10.1149/2.0061702](#).
- [19] T. Wa a., Y. Y. a., A. F. a., M. Ya a. a., Y. Ta. c., a S. M. a. a., H. c. -C₂O/-Ga₂O₃ c. a., *Appl. Phys. Lett.*, . 111, . 22, N. . 2017, A. . 222104, [DOI: 10.1063/1.4998311](#).
- [20] J. F. a., A. K. a. a., E. Ga., A. K., M. Ta., L. L. a., B. F., N. Ma a., K. H. b., a F. K. b., Ga₂O₃ Sc. b. a. c. c. a. c. a., *Proc. SPIE, Gallium Nitride Mater. Devices*, . 10532, F b. 2018, A. . 1053212, [DOI: 10.1117/12.2292211](#).
- [21] Y. K. b., S. K. b., a S. Na a., A- c. c. c. - N O a. - β -Ga₂O₃, *Appl. Phys. Exp.*, . 9, . 9, S. . 2016, A. . 091101, [DOI: 10.7567/apex.9.091101](#).
- [22] M. G. a., F. K., R. Ka., P. Sc., F. Sc., D. S., C. Ya., S. B., a H. W. c., O. b. a. c. c.: Ma. a., c. a. c. c., *J. Phys. D, Appl. Phys.*, . 49, . 21, 2016, A. . 213001, [DOI: 10.1088/0022-3727/49/21/213001](#).
- [23] M. G. a., R. Ka., a H. V. W. c., I. ac. c. b. a. c. II. c. b. a. c., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, . 6, . 17, . 14785-14789, S. . 2014, [DOI: 10.1021/a504454](#).