

位相シフト電子線ホログラフィーを用いた動作時 p-n 接合ダイオードの 電位・電場・電荷密度その場計測

Phase-Shifting Electron Holography for *In Situ* Measurement of Electric Potential, Field and Charge Density Distributions in a Working P-N Junction Diode

JFCC¹, 古河電工², 東大³ ○(P)穴田 智史¹, 山本 和生¹, 佐々木 宏和², 柴田 直哉^{1,3},
堀 祐臣², 衣川 耕平², 今村 明博², 平山 司¹,

JFCC¹, Furukawa Electric², Univ. Tokyo³, ○Satoshi Anada¹, Kazuo Yamamoto¹, Hirokazu Sasaki²,
Naoya Shibata^{1,3}, Yujin Hori², Kouhei Kinugawa², Akihiro Imamura², Tsukasa Hirayama¹,

E-mail: s_anada@jfcc.or.jp

高性能半導体デバイスの研究・開発では、動作時デバイス内の電気特性をその場計測することが重要である。本研究では、動作時 p-n 接合ダイオードの電位・電場・電荷密度を位相シフト電子線ホログラフィーにより高精度(0.02 V)且つ高空間分解能(1 nm)でその場計測することに成功したので報告する [1]。

観察用試料は、GaAs 基板上に p-GaAs(C: 10^{19} cm^{-3})/n-GaAs(Si: 10^{19} cm^{-3})を成長したバルク試料を FIB により薄膜化することにより作製した。電子線ホログラムの撮影は、ホログラフィー電子顕微鏡 日立 HF-3300EH を用いて実施した。

位相シフト電子線ホログラフィーにより計測した電圧印加時 GaAs p-n 接合試料の(a)電位, (b)電場, (c)電荷密度分布を Fig. 1 に示す。(b)および(c)はそれぞれ電位の定義式およびポアソン方程式を用いて(a)を変換することで得られた。Fig. 1 より、電圧印加に伴う p-n 接合の電位、電場、電荷密度変化を明瞭に観測できていることがわかる。例えば、(a)より、p-n 間の電位差が順バイアスで減少し、逆バイアスで増大することやその変化量が印加電圧と等しいことが確認できる。また、(b)より、p-n 接合の空乏層幅がゼロバイアスで 24 nm であり、順バイアス 0.3 V で 23 nm、逆バイアス 0.3 V で 26 nm に変化することが明らかとなった。さらに、(c)では、完全に空乏化した領域と部分的に空乏化した遷移領域の存在が確認でき、それらの電圧印加に伴う変化が明瞭に観測できている。

[1] S. Anada *et al.*, J. Appl. Phys. **122**, 225702 (2017).

謝辞：本研究は文部科学省先端研究基盤共用促進事業(共用プラットフォーム形成支援プログラム)の支援を受けて行なった。

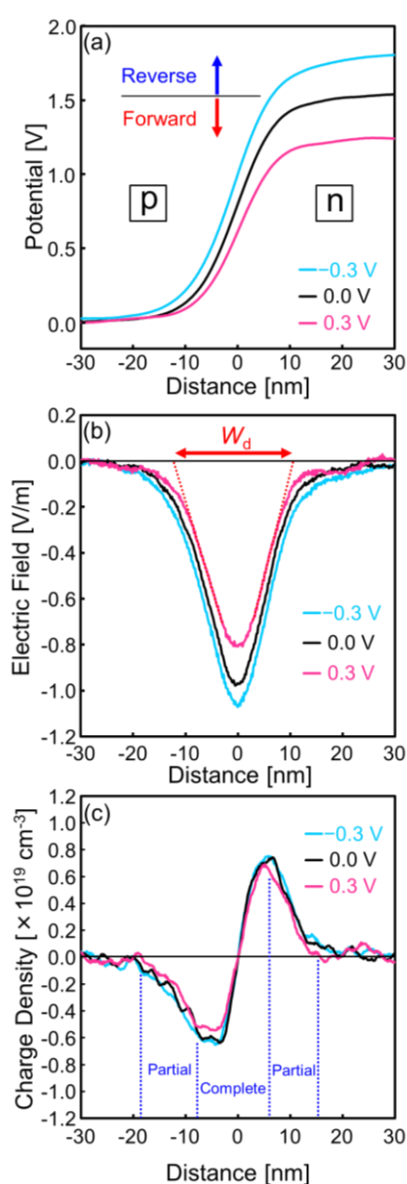


Fig. 1. (a) Electric potential, (b) electric field and (c) charge density profiles of a forward and reverse biased GaAs p-n junction specimen.