窒化ガリウム半導体における単一イオンヒット検出条件の検討

Detection of Single Ion Hits on Gallium Nitride Semiconductors

京大院工 [1]，量研 [2]，名大 VBL[3]，名大 IMaSS[4]
°(M1)藤田 泰樹 [1,2]，佐藤 真一郎 [2]，出来 真斗 [3]，渡邊 浩崇 [4]，
新田 州吾 [4]，本田 善央 [4]，天野 浩 [3,4]，土田 秀次 [1]
Kyoto Univ. [1], QST [2], Nagoya Univ. VBL [3], Nagoya Univ. IMaSS [4]
°Taiki Fujita[1,2], Shin-ichiro Sato[2], Manato Deki[3], Hirotaka Watanabe[4],
Shugo Nitta[4], Yoshio Honda[4], Hiroshi Amano[3,4], Hidetsugu Tsuchida[1]
E-mail: fujita.taiki.77x@st.kyoto-u.ac.jp

半導体中にドープした P ドナーや遷移金属といった不純物原子は、その電子準位を高度に制御することによって、量子計算や量子通信に不可欠な量子ビットとして用いることができる。複数の量子ビットを操る量子デバイスを作製するためには、ナノメートルスケールの特定の位置に量子ビットを必要な数だけ配置しなければならないが、そのためには、ナノメートル精度で位置や数を高度に制御する単一イオン注入技術の開発が不可欠である。本研究では、ワイドギャップ半導体のひとつである窒化ガリウム(GaN)に対し、α 線が入射した際に発生する誘起過渡電流を解析することで、単一イオンヒット検出が可能な条件の検討をおこなった。

n 型 GaN 基板上にて MOCVD 法を用いて成膜した n 型 GaN エピ膜（膜厚 3 μm、実効ドナー濃度 8.5×10^{15} cm^{-3}）に縦型ショットキーバリアダイオードを形成し、逆バイアス電圧を印加した状態で、^{241}Am の α 線(5.486 MeV)が入射した際の誘起過渡電流を検出した。誘起過渡電流は Charge Sensitive Preamplifier (CSP)および Spectroscopic Amplifier (SA)を用いて電圧信号へと処理し、オシロスコープによって波形の出力をおこなった。Fig. 1 に逆バイアス電圧 0 ~ -40 V での CSP の出力波形を示す。逆バイアス電圧の上昇に伴い電圧信号が増加しており、作製したダイオードで単一イオンが検出できることを確認した。-20 V での空乏層内(1.62 μm)において α 線が付与する電子的エネルギーを SRIM code から算出すると約 460 keV であり、このとき空乏層内に生成した電子・正孔対の数は、一対の生成における平均エネルギーを 8.9 eV とすると、5.1×10^{4} 個となる。講演では、GaN 半導体における単一イオンヒット検出が可能な条件について詳しく議論するとともに、単一イオン注入位置をナノスケールで制御する手法について検討する。

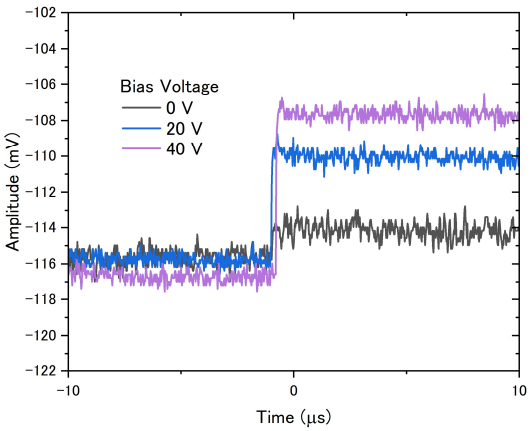

Fig. 1. Output waveform of CSP for an incident α-ray with different bias voltages.

本研究は、JSPS 科研費(JP22H03880)、JST 創発的研究支援事業(JPMJFR203G)、一般財団法人材料科学技術振興財団の助成を受けて行われた。