

電子線照射による Al-doped 4H-SiC 中の正孔密度減少のメカニズム説明

大阪電気通信大学：松浦秀治、蓑原伸正、稲川祐介、鏡原聡、伊藤裕司
日本原子力研究開発機構：大島武、伊藤久義

1. はじめに

Al-doped 4H-SiC エピ膜の正孔密度の温度依存性 $p(T)$ から、浅いアクセプタ ($E_v + 0.2$ eV) と深い欠陥 ($E_v + 0.35$ eV) が観測された[1]。さらに、浅いアクセプタ密度 (N_{Al}) と深い欠陥密度 (N_{Defect}) との比 (N_{Defect} / N_{Al}) は 0.6 であった[1]。

4.6 MeV の電子線を $2.6 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 照射した場合、 $p(T)$ が激減することがわかった[2]。この原因は、 N_{Al} が照射前より約 10 分の 1 に減少し、 N_{Defect} も少し減少したからであった[2]。浅いアクセプタは Al アクセプタと考えられるので、電子線照射による N_{Al} の減少は、Si サイトの Al と C との結合の切断が原因であると推測できる。この切断は、電子線照射による (1) Al の変位または (2) C の変位が原因であると考えられる。

ここでは、照射する電子線のエネルギーを変化させ、変位させる原子を選択する。各エネルギーでの電子線照射前後の $p(T)$ を測定し、各々の密度の変化を求めることにより、Al-doped 4H-SiC 中で電子線照射により起こる現象について検討する。

2. 実験方法

n-type 4H-SiC 基板に成長させた、膜厚 10 μm の Al-doped 4H-SiC エピ膜を 1 cm 角にカットし、表面の 4 隅にオーミック電極 (Ti/Al) を真空蒸着した。磁束密度 1.4 T、測定温度範囲 120 K から 600K で、van der Pauw 法を用いてホール効果測定を行い、 $p(T)$ を求めた。その後、0.2 MeV の電子線 (照射量: $1.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$)、0.5 MeV の電子線 (照射量: $5.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$) を試料に照射後、再びホール効果測定を行った。

3. 結果及び考察

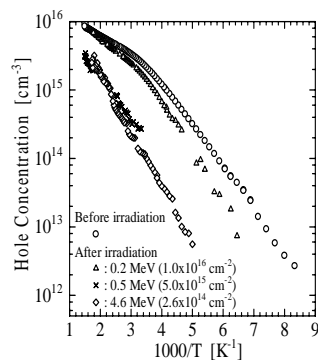


図 1 電子線照射前後の正孔密度の変化

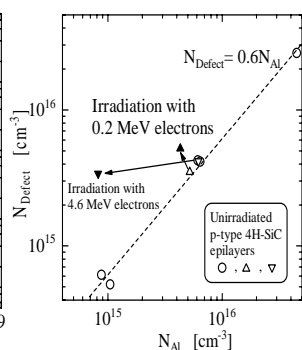


図 2 N_A と N_{Defect} との関係

図 1 に各エネルギーでの電子線照射前後の $p(T)$ を示す。○印は電子線照射前、△印は 0.2 MeV の電子線照射 (照射量: $1.0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$) 後、×印は 0.5 MeV の電子線照射 (照射量: $5.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$) 後、◇印は 4.6 MeV の電子線照射 (照射量: $2.6 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$) 後の $p(T)$ を示す。

0.2 MeV の電子線照射では、照射量が多いにもかかわらず、 $p(T)$ の減少は最も少なかった。このことから、照射エネルギーにより、アクセプタ密度の減少の仕方が異なると考えられる。

図 2 の○印は、Al 添加量の異なる、電子線未照射の 4H-SiC エピ膜の結果を示す[1]。この結果から、 N_{Defect} / N_{Al} が 0.6 であることがより、深い欠陥は Al と関係していると考えられる。

△印と▲印は、0.2 MeV の電子線照射前後の N_{Al} と N_{Defect} との関係を示す。電子線照射により、 N_{Al} は減少しているが、 N_{Defect} は増加していることがわかった。さらに、 N_{Al} の減少量と N_{Defect} の増加量はほぼ等しかった[3]。

▽印と▼印は 4.6 MeV の電子線照射前後の N_{Al} と N_{Defect} との関係を示す。この場合、 N_{Al} は約 10 分の 1 に減少したが、一方 N_{Defect} は微減であった[2]。

以上のように、電子線の照射エネルギーで N_{Al} と N_{Defect} の変化が異なる。0.2 MeV の電子線照射では C だけを変位でき、0.5 MeV 以上の電子線照射ではすべての格子点原子 (C、Al、Si) が変位する[3]。このことより、0.2 MeV の電子線での N_{Al} の減少と N_{Defect} の増加は、C が格子点から変位した結果であると考えられる。

B-doped SiC では、浅いエネルギー準位は B アクセプタであり、深いエネルギー準位は B と C サイトの空格子点 (V_C) との複合欠陥 ($B_{Si}-V_C$) であると報告されている。

以上の考察から、Si サイトの Al と結合している C が 0.2 MeV の電子線で弾き飛ばされ、Al がアクセプタとして働かなくなったのと同様に、Al と V_C との複合欠陥 ($Al_{Si}-V_C$) が形成されたと推測できる。したがって、深い欠陥は $Al_{Si}-V_C$ の可能性がある。

References

- [1] H. Matsuura, et al., J. Appl. Phys. **96**, 2708 (2004).
- [2] H. Matsuura, et al., Appl. Phys. Lett. **83**, 4981 (2003)
- [3] H. Matsuura, et al., Physica B **376-377**, 342 (2006).