

低エネルギー電子線照射が Al-doped 4H-SiC 薄膜中のアクセプタへ与える影響

E-01010 伊藤 裕司
松浦研究室

【背景・目的】 SiCは耐放射線性に優れた半導体材料として注目されている。これまで、Al-doped 4H-SiC薄膜への電子線照射によって正孔密度が減少すると報告してきた¹⁾。その理由として、{1} 格子位置にあるAl原子が弾かれ、Alがアクセプタとして働かなくなった、{2} Alに隣接するC原子が弾かれてAl原子との結合が切れ、Alがアクセプタとして働かなくなった等が挙げられるが未だ同定されていない。軽原子ほど低い電子線照射エネルギーで弾かれることから、適切な電子線照射エネルギーを選択することで、対象原子を選択的に弾くことが可能であると考えられる。Si、Al、Cの中で最も軽いC原子を電子線照射によって選択的に弾き、SiC薄膜中のアクセプタ密度の変化から、正孔密度減少の起源について調べる。

【実験方法】 1 cm角のn型 4H-SiC基板上にエピタキシャル成長させたp型 Al-doped 4H-SiC 薄膜 (膜厚 10 μm)の表面四隅にTi/Alオーミック電極を形成した。照射エネルギー 200 keV(照射量 $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$)、500 keV(照射量 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$)の各エネルギーで試料へ電子線を照射した。それぞれの試料の照射前後で、van der Pauw法によるホール効果測定を行った。

【実験結果・考察】 図1に Al-doped 4H-SiC 薄膜の正孔密度の温度依存性を示す。図1から正孔密度が未照射と比べ200 keVの電子線照射では少し減少し、500 keVの電子線照射では大幅に減少したことがわかる。

Free carrier concentration spectroscopy(FCCS法)による、Al-doped 4H-SiC薄膜中のアクセプタ密度、準位の解析結果を表1に示す。Alのアクセプタ準位は191 meVとの報告²⁾があり、200 meV付近はAlのアクセプタ準位と考えられる。200 keVの電子線照射によって主に弾かれる原子はC原子である。このことから、200 keVの電子線照射ではAlに隣接するC原子が弾かれた為にAlのアクセプタ密度が減少したと考えられる。

電子線照射によりC原子が弾かれ、C空孔(V_c)は増加すると考えられ、深いアクセプタ準位の密度が電子線照射によって増加していることから深いアクセプタ準位には V_c が関係していると考えられる。 $\text{Al}_{\text{Si}}\text{-}V_c$ が深いアクセプタ準位を形成するという報告がある(準位は不明)ことから350 meV付近の深いアクセプタ準位は $\text{Al}_{\text{Si}}\text{-}V_c$ アクセプタによるものであると考えられる。

500 keVの電子線照射では、深いアクセプタ準位のみを見積もることができ、電子線照射によりアクセプタ密度が減少していることがわかる。500 keVの電子線照射では、Si、Al、C 全てが弾かれるので、これらの原子で構成されたアクセプタ密度が減少したと考えられる。

【結論】 200 keVの電子線照射による正孔密度の減少は照射によりC原子が弾かれ、Alがアクセプタとして働かなくなった為であることが分かった。同定されていないAl-doped 4H-SiC 薄膜中の深いアクセプタ準位は、 $\text{Al}_{\text{Si}}\text{-}V_c$ アクセプタであると考えられる。

【謝辞】 電子線照射をして戴いた日本原子力研究所高崎研究所の方々に深く感謝いたします。

【参考文献】1)H.Matsuura et al:Apple.Phys.Lett., 83(2003)p.4981.

2)G.L.Harris:Properties Of Silicon Carbide,13

(INSPEC,London,1995)p.88

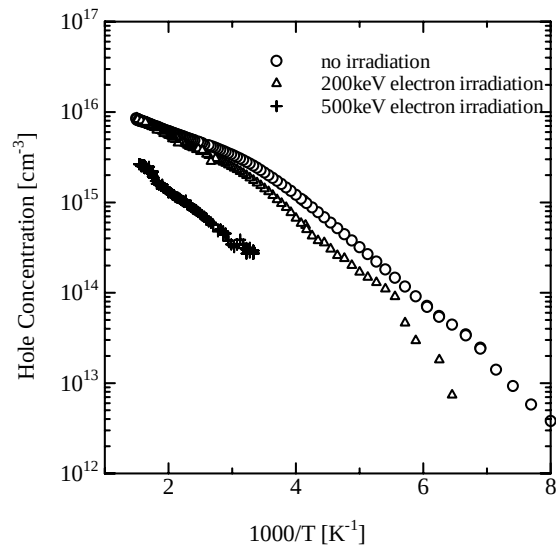


図1 正孔密度の温度依存性

表1 FCCS 解析結果

	未照射	200 keV	500 keV
$N_{A1} [\text{cm}^{-3}]$	5.34×10^{15}	4.34×10^{15}	$\sim 2.7 \times 10^{14}$
$\Delta E_{A1} [\text{meV}]$	205	218	—
$N_{A2} [\text{cm}^{-3}]$	3.77×10^{15}	5.38×10^{15}	1.54×10^{15}
$\Delta E_{A2} [\text{meV}]$	371	374	358