

Title	STUDIES ON ELECTRICAL STABILIZATION OF SEMICONDUCTING DIAMOND THIN FILM SURFACE AND APPLICATION TO FIELD EFFECT TRANSISTORS
Author(s)	尹, 榮
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41483
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	尹 榮
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 7 2 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平成11年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	STUDIES ON ELECTRICAL STABILIZATION OF SEMICONDUCTING DIAMOND THIN FILM SURFACE AND APPLICATION TO FIELD EFFECT TRANSISTORS (薄膜半導体ダイヤモンド表面の電氣的安定化と電界効果トランジスタへの応用に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小 林 猛 (副査) 教 授 蒲 生 健 次 教 授 高 井 幹 夫 教 授 作 田 健

論 文 内 容 の 要 旨

In this work, the origin of surface states on the diamond surface was explored in detail by means of various metal-insulator-semiconductor (MIS) structures. According to the results, it was found that oxygen adsorption on the diamond surface produced a number of surface states on the diamond surface, and their distributions were strongly dependent on to what extent the diamond surface was exposed to oxygen ambient. The $C-V$ characteristics and surface state density distributions revealed that a number of surface states (from $\sim 10^{13}$ to $\sim 10^{14}/(\text{cm}^2 \cdot \text{eV})$) exist near the valence band edge of oxidized diamond surfaces. The surface state density was significantly reduced by suppression of oxygen contamination on the diamond surface during the device process (reduced-oxygen process), and therefore, electrical performance of MISFETs significantly improved with the reduction of oxygen contamination on the diamond surface.

Diamond MIS structures were fabricated by using various fluoride gate insulator films to obtain further stabilized diamond MIS interface, as well as to investigate the electrical stabilization mechanism of diamond MIS interface. A detailed examination of their electrical properties indicated that the insulator films including Ba atom significantly improve the electrical stability of the diamond MIS interfaces. The $\text{Al}/\text{BaF}_2/i\text{-diamond}$ or the $\text{Al}/(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{F}_2/i\text{-diamond}$ MIS structure exhibited outstanding electrical properties (very low surface state densities as well as efficient electrical modulation of the surface band). This result was explained by a strong chemical reaction of the constituent Ba atom with oxygen: the constituent Ba atom in the insulator eliminated the oxygen adsorbed on the diamond surface via a strong chemical reaction with the oxygen during film deposition, and electrical stability of the diamond surface was obtained by the reduction of the adsorbed oxygen. These results indicate that a fluoride gate insulator including Ba atom will serve as a useful one for application to diamond MIS devices.

Ultrahigh vacuum (UHV) technology was also employed to prevent residual oxygen adsorption on the diamond surface during device process, and a diamond MISFET was prepared by reduced-oxygen process including UHV technology. In this case, the annealing was performed in the UHV chamber ($\sim 10^{-9}$ Torr) for an ohmic contact between electrode and diamond surface, and the electrical properties of the MISFET were examined in

detail. According to the results, the MISFET showed a marked improvement in its electrical properties as compared with conventional diamond FETs. The surface state density in the device operation region was $\sim 10^{10}/(\text{cm}^2 \cdot \text{eV})$, which is comparable to that of conventional Si MOS interfaces. In addition, an effective mobility (μ_{eff}) of $400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ was obtained at room temperature, which is the highest value obtained until now in the diamond FET at room temperature

論文審査の結果の要旨

次世代半導体素子の研究分野は多岐にわたるが、その一つにハードエレクトロニクスがある。高出力対応、高温動作環境対応を目指したエレクトロニクス・デバイスの実現が目標になっている。審査論文で扱っている薄膜ダイヤモンド半導体は、まさにハードエレクトロニクスの代表選手である。しかし、ダイヤモンドは優れた熱伝導性により電子デバイスのヒートシンクに使われてきた以外にはエレクトロニクス利用の歴史が殆どない。そのためにダイヤモンド半導体の実現に向けて山積する問題を急ぎ解決しなければならない状況にある。審査論文では、ダイヤモンド半導体表面の電氣的安定化に関する基礎研究がおこなわれており、不安定化要因の抽出・不安定化要因の除去、ダイヤモンド MISFET による安定化評価、など一連の成果が示されている。

論文では、まず、シリコン系に合わせた酸化物ゲート絶縁膜を積層したダイヤモンド表面の解析が始まるが、ダイヤモンドとシリコン半導体の間に本質的な違いのあることが指摘された。すなわちシリコンではよい組み合わせであった酸素がダイヤモンド表面には高密度の準位を形成することが明らかにされた。MIS 構造実験素子の容量－電圧特性をターマン法により解析すると価電子帯端近くで $10^{14} - 10^{15}/\text{cm}^2\text{eV}$ という高い密度であった。酸素原子が表面準位を生み出すことを明らかにした最初研究成果であった。

ダイヤモンド表面に吸着する酸素原子の除去方策について検討された。一つには超高真空プロセスである。近年、真空技術の進歩には目を見張るものがあり、UHV 環境を整えることは容易である。ダイヤモンド素子のための一連のプロセスを UHV 環境で行うことにより表面への酸素吸着を極力抑制することが試みられた。UHV プロセスで作製されたダイヤモンド表面の特性には大きな改善がみられた。例えば表面準位密度として $10^{11}/\text{cm}^2\text{eV}$ 以下の値に軽減できることが確認された。この技術によって準備されたダイヤモンド MISFET は実効キャリア移動度 $400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ に到達した。

最後にゲート絶縁膜自体の還元効果による界面安定化について言及している。 CaF_2 , MgF_2 , BaF_2 絶縁膜堆積をおこない、ダイヤモンド表面準位密度を見積ると Ba, Ca, Mg の順に密度は改善していた。各元素の還元力に応じて表面吸着酸素がゲッターされたことを明らかにしたものである。

以上の内容は薄膜ダイヤモンド半導体に関する先駆的な研究成果であると同時に、ダイヤモンド・エレクトロニクスの進展に多大な貢献をするものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める