

(第6号様式)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Pria Gautama
審査委員	主査 豊田 洋通 副査 野村 信福 副査 中原 真也

論文名

Synthesizing Diamond onto Metal Substrate by in-liquid Plasma CVD Method

審査結果の要旨

ダイヤモンドは、高硬度保護被膜としての用途や、高輝度発光ダイオードなどのパワーデバイス用高熱伝導基板として、省エネルギー時代に非常に有望な材料である。多くの会社や大学が、高品質なダイヤモンドの高速形成の研究を進めているが、ダイヤモンドの工業用大量供給手段としては形成速度が不十分である。大気圧以上のプラズマや超臨界プラズマを用いたダイヤモンド形成法も研究されているが、装置が大がかりになるうえに、十分な速度は得られていない。液中プラズマプロセスは、液体の高密度状態を利用して常温常圧下で化学反応を高速に起こすために考案されたものであり、当初からダイヤモンドの高速形成を目指していた。最近の研究では、液中プラズマ法にて、シリコン基材上には0.2mm/h以上の成膜速度も得られ、硬質保護膜や、半導体膜としての実用化も期待されているが、最も実用化が望まれている金属材料表面上には、密着性良く成膜できないのが現状である。この原因は、ダイヤモンドを形成するための原料であるプラズマ中のラジカル粒子の金属材料上での運動（表面運動、拡散運動）のシリコン基材上の運動との違いが原因である。本論文では、銅、鉄（ステンレス鋼）、シリコンの各基材上でのダイヤモンド成長の時間経過を実験的に調査し、熱膨張係数や原子拡散係数などの物理量と、薄膜成長および密着性の関連が明らかにされている。論文は第1章から第6章までの構成となっており、3章、4章、5章は、それぞれ、2編の国際ジャーナルおよび1編のプロシーディングス論文に掲載された内容となっている。

第1章では、研究の背景と目的、および本論文の概要を述べられている。従前のダイヤモンド薄膜合成の研究で明らかにされてきた事項をまとめ、実用化に関する問題点を示し、本論文の目的と研究の目標が述べられている。

第2章では、液中プラズマCVD法の原理と特長が述べられているとともに、プラズマCVD法におけるダイヤモンド薄膜合成の原理が図解で説明されている。液中プラズマCVD法は、従前の気相プラズマCVD法とダイヤモンド合成原理は同じであり、液中でプラズマが保持されて冷却されるという利点より、装置が簡便になることが示されている。

第3章では、液中プラズマ CVD 法による、ダイヤモンドのエピタキシャル成長の可能性について研究された内容が述べられている。ダイヤモンド半導体デバイス製作への液中プラズマ CVD 法の応用を考えると、必須な研究内容である。ダイヤモンドのエピタキシャル成長は、ダイヤモンド (100) 面上で可能であり、(111) 面上では双晶が成長してエピタキシャル成長が困難であることを明らかにしている。

第4章では、銅、鉄 (ステンレス鋼)、シリコンの各基材上でのダイヤモンド成長の時間経過を実験的に調査し、熱膨張係数や原子拡散係数などの物理量と、薄膜成長および密着性の関連が明らかにされている。ダイヤモンドと基材の熱膨張係数が近いほど、薄膜の密着性が良いこと、各基材への炭素原子の拡散係数が小さいほど、ダイヤモンド成長が早く起こることを明らかにしている。また、熱膨張係数および原子拡散係数をダイヤモンド成長に適したものにするため、ステンレス鋼上に、シリコン薄膜を中間層として載せ、中間層をアルゴンガス (不活ガス) で、アニールして、基材との密着性を高めれば、形成されたダイヤモンドの密着性が良くなることを明らかにしている。

第5章では、ダイヤモンド薄膜形成用ステンレス基材上の中間層として、熱膨張係数がダイヤモンドとシリコンの間である、チタンと、シリコン (ダイヤモンドと熱膨張係数が近い) の2層中間層を用いて、ダイヤモンド形成の密着性を上げる試みを行っている。中間層膜厚の最適化を行えば、最適な中間層膜厚において、十分な密着性が得られることを明らかにしている。

第6章では、各章を総括して、結論を述べている。

本論文の成果として、将来的に、ダイヤモンド膜を硬質保護膜としての用途だけでなく、半導体ダイヤモンド基板としても応用できるための指針を示したことは、大きな成果である。

以上の結果により、審査委員全員一致して本学位論文が、博士 (工学) を授与するに値する論文であると評価した。