



Title	Study on elastic anisotropy and functions of thin films : CVD diamond and Co/Pt superlattice
Author(s)	中村, 暢伴
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45941">https://hdl.handle.net/11094/45941</a>
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</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	なか むら のぶ とも 中 村 暢 伴
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 9 5 6 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 17 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科機能創成専攻
学 位 論 文 名	Study on elastic anisotropy and functions of thin films : CVD diamond and Co/Pt superlattice (薄膜の弾性異方性と機能に関する研究 : CVD ダイヤモンドと Co/Pt 超格子)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 平尾 雅彦  (副査) 教 授 小坂田宏造 教 授 小林 秀敏 助教授 荻 博次 京都大学化学研究所教授 小野 輝男

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、薄膜の弾性定数と内部組織、機能の相関を実験から見出し、実験結果を再現することのできる理論モデルを構築することで、薄膜の持つ特異な弾性的性質や機能の起源を解明することを目的としている。

最初に薄膜の弾性定数測定法として RUS (resonance ultrasound spectroscopy : 共鳴超音波スペクトロスコーピー)/laser 法を開発した。薄膜は残留応力や配向した組織のために、面内方向と面外方向では弾性異方性を示す。しかしながら、従来の薄膜の弾性定数測定法では、薄膜を弾性的に等方性であると仮定して弾性定数を測定している。また、異方性を考慮した場合においても、異方性を検出できるほど測定精度が高くないという問題点があった。一方、本研究で独自に開発した RUS/laser 法は薄膜の異方性弾性定数を決定することが可能であり、測定精度も従来法に比べて高い。

4 章では CVD ダイヤモンド薄膜の弾性定数を RUS/laser 法で測定し、X 線回折と SEM による組織観察から、内部組織が弾性定数に及ぼす影響について調べた。結晶粒径が数  $\mu\text{m}$  (膜厚は  $3.8\text{--}525\ \mu\text{m}$ )、数十 nm (膜厚は  $2.4\text{--}11.3\ \mu\text{m}$ ) の 2 種類の試料について弾性定数を測定したところ、両者の弾性定数はバルクのそれとほぼ同じか、それよりも小さくなった。特に粒径が数 nm の試料において弾性定数の低下は顕著であった。また、粒径が数  $\mu\text{m}$  の試料については弾性異方性を示した。弾性定数と内部組織の相関から、これらの弾性的性質は、結晶粒間の不完全結合によるものであることが明らかとなった。

5 章では、弾性ひずみが Co/Pt 超格子の垂直磁気異方性 (perpendicular magnetic anisotropy : PMA) におよぼす影響について調べた。これまでの研究では Co 層の膜厚と PMA の関係から界面磁気異方性の寄与が指摘されてきたが、本研究では Pt 層の膜厚と PMA の関係を実験的、解析的に調べた。ひずみによる弾性定数変化を考慮した多層膜モデルを考えたところ、実験で得られた PMA の Pt 膜厚依存性を説明することができた。また、このモデルから得られる弾性定数は、測定結果と比べてもよく一致しており、弾性磁気異方性が PMA の主たる要因であると結論付けた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、薄膜が示す特異な弾性異方性と内部組織・機能との関係を明らかにし、実験結果を再現できる理論モデルを構築することを目的としている。

3章では、薄膜弾性定数の測定法として独自に開発した RUS (resonance ultrasound spectroscopy : 共鳴超音波スペクトロスコピー)/laser 法を説明している。薄膜は残留応力や結晶配向のために、面内方向と面外方向では弾性異方性を示すが、従来法は異方性を検出するには測定精度が不十分であった。この新たな方法によれば、共振モードを特定することで高い精度が得られ、薄膜の弾性定数テンソルを決定することが可能である。

4章では、CVD ダイヤモンド薄膜の弾性定数を RUS/laser 法で測定し、X 線回折と SEM による組織観察から内部組織が弾性定数に及ぼす影響について調べている。結晶粒径が数マイクロメートルと数十ナノメートルの2種類の試料群について弾性定数を測定したところ、両者の弾性定数はバルク材のそれとほぼ同じか、それよりも小さくなった。特に粒径が数十ナノメートルの薄膜試料において弾性定数の低下は顕著であった。また、粒径が数マイクロメートルの試料は弾性異方性を示した。マイクロメカニクス計算の結果、これらの弾性的性質は、他の測定方法では検出不可な結晶粒間の不完全結合によるものであることが明らかとなった。

5章では、Co/Pt 超格子の垂直磁気異方性 (perpendicular magnetic anisotropy : PMA) を発現させるメカニズムを電磁弾性論の立場から調べた。これまで、PMA の原因として界面磁気異方性の寄与が指摘されてきたが、本論文では非磁性である Pt 層の膜厚と PMA の関係を実験的・解析的に調べた。非線形弾性に由来する弾性ひずみによる弾性定数変化を考慮した多層膜モデルは、実験で得られた PMA の Pt 膜厚依存性を説明することができた。また、このモデルから得られる薄膜全体の弾性定数は、測定結果ともよく一致しており、弾性磁気異方性が PMA の主たる要因であると結論づけた。

以上のように、本論文では綿密な測定とマイクロメカニクス理論に基づいて、2つの工業的に重要な薄膜の弾性異方性を説明する力学モデルを確立している。薄膜の機能に関する研究に新しい指針を提案するものであり、博士(工学)の学位論文として大いに価値のあるものと認める。