

Title	Studies on Electron Field Emission Properties of Chemical Vapor Deposited Diamond Thin Films
Author(s)	河村, 秀樹
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42173">https://hdl.handle.net/11094/42173</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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	かわむら びてき 河村 秀樹
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 15498 号
学位授与年月日	平成12年3月24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 Electron Field Emission Properties of Chemical Vapor Deposited Diamond Thin Films (ダイヤモンド薄膜の電界電子放出特性に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 小林 猛  (副査) 教授 高井 幹夫 教授 岡本 博明

#### 論文内容の要旨

真空マイクロエレクトロニクスは、超高速素子やフラットパネルディスプレイ、センサーなど次世代の電子デバイスの実現を目指す研究分野である。このような高性能素子の実現にあたっては、キーデバイスである冷陰極自身の開発が重要である。本研究は冷陰極材料として特に近年有望視されているダイヤモンドの電界電子放出特性について考察したものであり、また、実際の素子作製および特性評価を通して、ダイヤモンドという材料のポテンシャルを示そうとするものである。

本研究ではまず、ダイヤモンドの選択成長技術により平面構成の真空ダイオードを作製した。この素子構造においてダイヤモンドを用いて作製に成功した例は本研究が初めてである。しかしながら、この時点において、素子の動作電圧は従来のデバイスに比べて優れているとは言えなかった。結晶成長させたダイヤモンドは孤立粒子の形態をしており、電子放出電界の閾値としては $50\text{V}/\mu\text{m}$ と一般的であるといわれる値よりやや高い値を示していた。

この素子特性は、バッファ層に用いる金属薄膜を効果的に選択し、ダイヤモンドを一様な薄膜状に成長させることで著しい改善が見られた。また、この素子の上部にアノード電極を設けて、実際の応用を睨んだ素子の3極駆動に成功した。この構造において、ダイヤモンドの2次電子放出効率の高さが利用するという新しいデバイスの概念も示された。

ところで、ダイヤモンドが他の材料に比べて低い電界で電子放出が起こるというメカニズムについては依然諸説あり、明らかにされているとはいえない。本研究では、Scanning Tunneling Microscopyなどの測定をもとに、電子放出機構に対するアプローチを行った。アンドープ多結晶ダイヤモンドからの電界放出には、結晶中の欠陥等によるエネルギー準位が寄与しており、それらが多く含まれると考えられる結晶粒界の有無も電子放出特性に大きな影響を与えることが示唆された。この結果は、素子作製を通じて得られた結果とも一致している。

#### 論文審査の結果の要旨

ダイヤモンドはエネルギーギャップが $5.5\text{eV}$ にも達するワイドギャップ半導体である。薄膜化に成功して以来、ダイヤモンドの特徴を活かした半導体応用へ向けて国内外で熱の入った研究開発が展開されている。最も特徴のある

物性としてダイヤモンドの小さな、または負の電子親和力がある。この特性は高効率電界電子エミッターへの応用を約束している。この特徴をいかに発揮させるにはn形ダイヤモンド半導体が必要であるが、残念ながら今の処、作製できない技術水準にある。代わりにp形ダイヤモンドを用いて電界電子放出の基礎研究を行ったのが本論文である。ダイヤモンド薄膜成長、実験素子試作、1ピクセル発光実験、プローブ顕微鏡（STM、STSなど）測定、カソードルミネッセンス（CL）による特性評価など一連の系統的な基礎研究をおこなっている。

論文では、ダイヤモンド選択成長によるプレーナ構成電子エミッターの作製方法が提案された。ステンシル材料の最適化によりミクロン・ギャップの実験素子ができた。電流-電圧特性がファウラー・ノードハイムの式に乗ることから、エアーギャップをトンネルする電界エミッション電流であることが確認された。次にダイヤモンド結晶品質とエミッション特性の関連が論じられた。論文では、膜状ダイヤモンドと粒状ダイヤモンドからのエミッション特性が比較され、膜状ダイヤモンド試料の粒界に関わる低閾値化が議論された。p形ダイヤモンドでは粒界のような多欠陥領域が欠陥準位の動きでエミッションに貢献していることが判明した。

STM、STS、CLを使ったダイヤモンド薄膜の表面特性解析がおこなわれた。STSにより粒界と健全な結晶領域でトンネル電流の特性に大きな差異の現れることが明らかにされた。CLではダイヤモンド表面アブソベートの違いにより表面近傍の少数キャリアの挙動に大きな違いが出ることも示された。これらの結果は間接的であれ電界電子エミッション特性が結晶品質・表面処理に敏感に影響されることを示唆するものであった。

p形ダイヤモンド試料でもあるにもかかわらず、電界電子放射の閾電界は小さいことが明らかになった。参考試料として平行平板構成のものも準備され、それにおいても低閾電界は示された。最後に3電極デバイスで蛍光板の発光実験がおこなわれた。エミッター駆動電圧が60-120Vにおいて十分な輝度の単ピクセルの発光が得られた。

以上の内容はダイヤモンド半導体の電界電子放射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・エレクトロニクス今後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。