

| Title | 気相合成ダイヤモンドの選択成長 |
|--------------|-----------------------------------|
| Author(s) | 馬, 京昇; 川原田, 洋; 平木, 昭夫 |
| Citation | 大阪大学低温センターだより. 1990, 70, p. 3-7 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/9066 |
| rights | |
| Note | |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

気相合成ダイヤモンドの選択成長

工学部 馬 京昇・川原田 洋・平木 昭夫 (吹田4574)

まえがき

ダイヤモンドは高熱伝導率、高絶縁率、広いパンドギャップなどユニークな性質を多く持ち、新しい 半導体や光学材料として大きく期待されている。近年、気相合成ダイヤモンド(CVDダイヤモンド) の研究は盛んに行われている〔1-5〕。しかし、ダイヤモンドのヘテロエピタキシャル成長は成功し ていない。ダイヤモンド薄膜は非ダイヤモンド基板上でランダムな核形成による粒径の異なる多結晶で あり、leakage path や非発光中心が多いので、応用範囲が制限される。これを解決するために我々は ダイヤモンドSENTAXY(selective nucleation based epitaxy)と言う方法を提案した。これは単 一核の位置を基板上に周期的に制御し、等しい大粒径の粒子により構成された単結晶に近い多結晶を作 ることである。幸いに表面張力の大きいダイヤモンドはヘテロエピタクシャル成長が難しいが、逆に三 次元的な粒子状成長がしやすく、選択成長するには有利である。この研究で、我々はダイヤモンドの核 形成位置の制御技術を開発した〔4-6〕。粒子がパターン通りに選択的に成長し、同じ大きさ (20µm)の粒径までに成長させることができた。このSENTAXYダイヤモンドは単結晶ダイヤモ ンドの優れた特性を引き出すのに有利であるのでランダムに成長した薄膜より良い電気特性と発光特性 が得られた。

実験方法 [6-8]

SiO₂やSiがドット状にパターンニングされたSiウェハーを基板として用いた。この基板上にダイヤ モンド核形成密度を約10⁸~10⁹/cm³に生成できるように、まずダイヤモンド砥粒(平均直径30 μ m)を 使って、超音波洗浄器で表面処理した(図1a)。



--3--

さらに、ほぼ全基板上の核形成のサイトが消滅し、小さいドットだけが核形成のサイトになるために、 基板処理としてはArビーム(加速電圧5kV、ビーム電流50µm)の斜め照射(基板との角度30℃)を した(図1b)。この二過程の基板処理をした後、マイクロ波プラズマCVDによって、ダイヤモンド の成膜を行った。反応ガスはCO(15%)/H2の混合ガス、圧力は35 Torr、基板温度は850~950℃で あった。合成した粒子はカソードルミンネッセンスの観測やショットキー・ダイオードの測定により、 光学特性と電気特性を調べた。

結果と討論

図2に同じ基板上で選択成長部分(a)とランダム成長した薄膜(b)のSEM像を示している。図2(a)は SiO₂でパターンニングされた基板上で研磨砥粒による前処理とArビームによる斜め照射の二過程の 基板処理をした後の成膜結果である。ダイヤモンド粒子がパターン通りに形成され、1つのドットに粒 子1つが生成されている。これは選択的に核形成が良く制御されたことを示している。さらに粒子は殆 ど同じ大きさ (10 μ m)であり、隣接粒子と合体するまで成長した。このダイヤモンドSENTAXY 技術によって、ダイヤモンド粒子の位置と大きさが良く制御された多晶体基板の作製ができた。一方、 同じ基板で研磨砥粒により前処理だけを行ってからの成膜結果は図2(b)に示す。基板上の核形成はラン ダムで、多数の粒径の異なる粒子による多結晶膜しか得られなかった。



10 µ m

図2 同じ基板上でのSENTAXYダイヤモンド(a)とランダム成長 したダイヤモンド薄膜(b)のSEM像

図3は大面積ダイヤモンドSENTAXYのSEM写真である。いくつか抜けたところがあるが、全面的にダイヤモンド粒子はパターンのように選択的に成長していることが明らかになった。ここで粒子の間の間隔は10μmである。

以上の結果から核形成の位置制御におけるArビームの斜め照射は重要な役割を果たすことが明らか

になった。図4はSENTAXYダイヤモンドの断面SEM写真である。SiO₂で線状パターンニーン グされた基板上に前述の二過程の基板処理をした後の成膜結果を示している。ビームの入射方向は矢印 で示している。ダイヤモンド粒子は線状パターンのビームに対する反対側のエッジで成長している。Si 下地表面などではダイヤモンド核形成をしない。Arビームの斜め照射はダイヤモンドSENTAXY にとって、以下の2つの役割を果たしている。その1つは、照射されたSi表面に核形成サイトを消滅す ることである。他の1つは、パターンのビームに対する反対側のエッジでの照射が弱いので核形成サイト トが残されることである〔7,8〕。



 100μ m

図3 大面積のダイヤモンドSENTAXY



図4 線状パターンでのダイヤモンドSENTAXYの断面像

気相合成ダイヤモンドの最も期待されている応 用の1つは、青色発光素子である〔9,10〕。図 5にはカソードルミネッセンス(CL)の測定に よって、SENTAXYダイヤモンドとランダム に成長した薄膜からの発光強度の比較を示してい る。SENTAXYダイヤモンドからの発光強度 はランダムに成長した薄膜より数倍高いことがわ かった。

さらに、ショットキー・ダイオード構造を用い て、SENTAXYダイヤモンドとランダムに成 長した薄膜の整流特性を調べた。図6(a), (b)は CO(5%)とCO(15%)で得られたSENTA XYダイヤモンド(実線)とランダムに成長した 薄膜(点線)のI-V特性曲線である。いずれも、 SENTAXYダイヤモンドの逆ブレークダウン 電圧はランダムに成長した薄膜より良いことがわ かった。原因についてはSENTAXYダイヤモ ンドの大きさと均一性がよく制御され、leakage path や非発光中心となる grain boundary が少 図5 ないからと考えられる。



同じ基板上でのSENTAXYダイヤモンド(A)と ランダム成長した薄膜(B)のカソードルミネッセン スの発光強度の比較



以上述べたように、この研究で開発されたダイヤモンドSENTAXY技術は気相合成ダイヤモンド の核形成制御および選択成長により、ダイヤモンドの優れた物性を引き出すことが可能になった。この 枝術はCVDダイヤモンドの応用範囲を半導体や光学デバイス等へ拡大するのに極めて有利である。さ らに、この研究は、CVDダイヤモンドの最も基礎的な問題の1つであるダイヤモンド核形成のメカニ ズムを解明する上でも重要な情報を与える。

この研究にあたってはキャノン㈱の米原隆夫氏に多大の御協力、ご助言を頂いたことに対し、ここに 感謝いたします。

参考文献

- 1) B. V. Derjaguin, D. V. Fedoseev, V. M. Lykuanovich, B. V. Spitsyn, V. A. Ryanov and A. V. Lavrentyev, J. Crystal Growth 2 (1968) 380
- 2) S. Matsumoto, Y. Sato, M. Kamo and N. Setaka, Jpn. J. Appl. Phys. 21 (1982) L183
- 3) M. Kamo, Y. Sato, S. Matsmoto and N. Setaka, J. Crystal Growth 62 (1983) 642
- 4) A. Sawabe and T. Inuzuka J. Crystal Growth 137 (1986) 89
- 5) H. Kawarada, K. S. Mar and H. Hiraki Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) L1032
- 6)馬 京昇、川原田洋、米原隆夫、鈴木準一、魏 津、横田嘉宏、平木昭夫 1988年春応用物理予稿
 集 pp.463, No.2, 6a-V-3
- 7) J. S. Ma, H. Kawarada, T. Yonehara, J. Suzuki, J. Wei, Y. Yohota and A. Hiraki Appl. Phys. Lett. 55, 1071 (1989)
- 8) J. S. Ma, H. Kawarada, T. Yonehara, J. Suzuki, J. Wei, Y. Yokota and A. Hiraki Proceedings of "First International Symposium on Diamond and Diamond-Like Films" ed. J. Dismukes et al. The Electrochemical Society, Inc. NJ, pp.149
- 9) H. Kawarada, K. Nishimura, T. Ito, J. Suzuki, K. S. Ma, Y. Yokota, A. Hiraki Jpn. J. Appl. Phys. 27 (1988) L683
- 10) H. Kawarada, J. S. Ma, T. Yonehara, Y. Yokota, A. Hiraki "Proceedings of 1989 Autum Materials Research Society Meeting" in press.