

ミニマルファブを用いたダイヤモンドウェハのデバイスプロセスⅡ

Device process of diamond wafer using Minimal Fab(II)

産業技術総合研究所¹, ミニマルファブ推進機構²,

○根本一正¹, 谷島孝¹, 田中宏幸¹, 野田周一¹, クンブアン ソマワン^{1,2}, 原 史朗^{1,2}

AIST¹, MINIMAL²,

Kazumasa Nemoto¹, Takashi Yajima¹, Hiroyuki Tanaka¹, Shuichi Noda¹

Sommawan Khumpuang^{1,2}, and Shiro Hara^{1,2}

E-mail: nemoto Kazumasa@aist.co.jp

【背景と研究目的】 新材料の典型とも言えるダイヤモンドは、高耐圧で耐熱性に優れており、低損失パワーデバイスとして期待されてきた。しかし、単結晶ダイヤモンドウェハの直径がせいぜい 10mm 程度が限界で大口径化が進んでおらず、大口径ウェハの使用を前提とする既存メガシステムとの整合性がとれていないため、デバイス応用がほとんど進んでいないのが現状である。一方、多品種少量向けデバイス製造システムとして実用化されたミニマルファブ[1]は、これまでに主にシリコンデバイス向けにデバイスプロセスが開発されてきた。このミニマルファブは設備投資が極めて小さく、開発サイクルがメガファブの 10 倍～100 倍も速いため、元来新材料のデバイス開発には特に適したシステムである。我々は、ミニマルファブを用いてダイヤモンドのデバイス応用の可能性を調べてきた。これまで、ウェハエッジに、ミニマル規格に適合するベベリング加工を施し、フルオート機械搬送のミニマルファブで利用可能なハーフインチダイヤモンドウェハ開発し、このダイヤモンドウェハを用いて実際にデバイス向け各種プロセスのテストを行い、現在のダイヤモンド基板が、プロセス開発が可能な水準に達していると判断した[2][3]。但し、実用可能なデバイスプロセスを開発するには、ウェハが原子レベルで平坦な表面を持ち、金属汚染や残留不純物などが少なく、加工が上手く出来る事が重要である。今回、我々はこのダイヤモンドウェハを用いて、デバイスプロセスの要となる洗浄について評価実験を行った。

【分析】 図 1 は、薬液洗浄後にミニマル表面微粒子スキャナ装置でバルクダイヤモンドウェハを測定した結果のパーティクル分布である[3]。非常に多くの微粒子が検出されている。これらは、ほとんど硫酸過水洗浄で除去することができなかった[3]。そこで今回は、この簡単に除去できない表面の異物ないし欠陥などを除去するために、ウェット処理に加えて CMP (Chemical Mechanical Polishing) 処理を行い、より詳しく評価した。

【評価実験】 前回はバルクウェハを使用したが、今回は、2 μ m ホモエピ成長した単結晶ダイヤモンドウェハを用いた。洗浄手順として、まず SPM 洗浄をウェハ両面に行い、その後 CMP 装置を用いて両面研磨をした。CMP として、1 次研磨 30 分、2 次研磨 10 分を行った後、超音波純水洗浄を行い、その後ウェハ両面を再度 SPM 洗浄を行った。

【評価結果】 全体の結果を先にまとめると、(1)異方成長した欠陥(図 2)と(2)微小な欠陥(図 3)、(3)微粒子(図 4)、(4)汚染物がある事が分った。洗浄後の評価結果を(表 1)に示す。

まず、(1)Epi 面に異方成長した欠陥(図 2)と(2)裏面の微小欠陥(図 3)は、CMP でも除去が出来ないことがわかった。

前回評価に用いたミニマル表面微粒子スキャナでは、ダイヤモンドウェハが透明であるため、表裏の異物を同時にカウントしてしまう。また欠陥形状を区別する事は困難である。一方、光学顕微鏡では、焦点距離は 1 μ m 程度であるため、表裏を区別してフォーカスし微粒子をカウントできる。光学顕微鏡を使って、ウェハ 50 μ m 角のエリアで区切り、目視で微粒子の個数を CMP 前後で数えた結果、SPM 洗浄後に 50 μ m エリア内にあった 22 個の(3)表面微粒子(図 4)は、CMP によって消滅(0 カウント)した(図 5)。また、表裏を区別するこの観察から、裏面には(2)微小欠陥が無数(～2 万個)にあり、一方エピ表面には全く無いこともわかった。

以上の結果より、SPM 洗浄で取り切れない微粒子は、ダイヤモンドではメカニカル的な研磨により除去できることがわかった。

<参考文献>

[1]原史朗, クンブアンソマワン, 「ミニマルファブの開発とそのデバイスプロセス」, 応用物理, 83(5), 380 (2014).

[2]根本一正, 他, 第 66 回春季応用物理学会 9a-M114-9(2019)

[3]根本一正, 他, 第 80 回秋季応用物理学会 19p-E304-1(2020)

図 1 ダイヤモンド表面

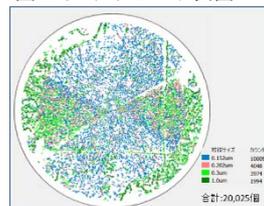


表 1 評価結果

	欠陥	検出された面	SPM洗浄	CMP	図
1	異方成長	表	x	x	図2
2	微小欠陥	裏	x	x	図3
3	微粒子	表	x	○	図4.5
4	汚染物	表・裏	○	—	—

図2 異方成長

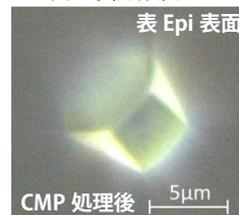


図3 微小欠陥

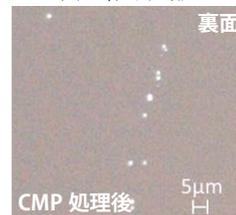


図4 SPM 処理後も残存している微粒子

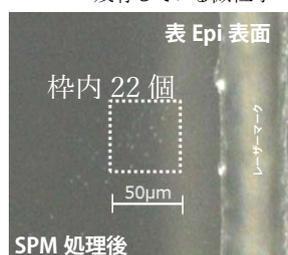


図5 CMP 処理後除去された微粒子

