キャビテーション噴流によるバックサイドダメージゲッタリングの C-V 特性

C-V Characteristic of Backside Damage Gettering Introduced by a Cavitating Jet

正 祖山 均 (東北大)

○斉藤 卓 (東北大[学])

ダン マコディヨ (東北大)

小柳 光正 (東北大)

Hitoshi SOYAMA, Tohoku University, 6-6-01 Aoba, Aobaku, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

Suguru SAITO, Tohoku University

Dan O. MACODIYO, Tohoku University

Mitsumasa KOYANAGI, Tohoku University

Key Words: Contamination, Gettering, Cavitation, Jet

1. 緒 言

半導体デバイスの高集積化に伴い、製造プロセス中のシリコンウェーハの不純物汚染はますます大きな問題となってきた。不純物によるウェーハの汚染は製品の信頼性の低下を生じるため、プロセス環境をクリーンに保ちウェーハへの不純物の侵入を防ぐ必要がある。しかしながら製造プロセスの高温熱処理中などには、配管などの製造装置自体から金属不純物が発生してウェーハを汚染するためにこれらの不純物汚染を完全に防ぐことは不可能である。このため、これらの不可避免的に侵入してくる金属不純物を素子活性領域以外に捕捉し、素子活性領域であるウェーハ表面から取り除くゲッタリング技術が重要となる。

ゲッタリング^{(1)~(3)}は、金属不純物が結晶欠陥等に捕捉される性質を利用したもので、あらかじめゲッタリングサイトとして結晶欠陥等を素子活性領域以外に導入することで達成される。ゲッタリングには大別して、外部から導入した結晶欠陥等を利用するエクストリンジック・ゲッタリングと、ウェーハ内部の酸素析出物を利用するイントリンジック・ゲッタリングがある。エクストリンジック・ゲッタリングは、ウェーハの裏面等に歪み場を導入する技術であり、この歪み場を導入するための損傷をバックサイドダメージと呼ぶ。ウェーハ加工時にバックサイドダメージを導入する方法には、イオン打ち込み⁽⁴⁾やレーザ処理⁽⁵⁾による方法などがあるが、これらの方法は高価なため実際のプロセスでは行われていない。最も一般的に行われてきた方法として、ウェーハ裏面に微粒子吹き付けるサンドブラスト^{(6)~(8)}が行われてきたが、微粒子が残存して二次的な汚染源となる可能性があり、あまり利用されなくなってきた。一方、イントリンジック・ゲッタリング⁽⁹⁾は、熱処理のみでゲッタリングサイトを形成でき非常にクリーンな方法であるが、酸素析出物を素子活性領域外のみ形成するためには、複雑な多段階熱処理が必要となる。現在は主にイントリンジック・ゲッタリングが利用されているが、さらなるゲッタリング効果を得るためにクリーンかつ簡便なゲッタリングサイトの導入方法が求められている。

近年、キャビテーション噴流が金属材料への圧縮残留応力の導入⁽¹⁰⁾や疲労強度の向上⁽¹¹⁾などの表面改質に有効利用できることがわかっている。バックサイドダメージの導入にキャビテーション噴流を用いれば、従来のサンドブラストとは異なり水しか用いないので、プロセスを不純物で汚染することなく、バックサイドダメージをシリコンウェーハに導入することができる。

これまでに、Soyama らによって、キャビテーション噴流によりゲッタリングサイトとなるバックサイドダメージ

をシリコンウェーハに導入できること⁽¹²⁾⁽¹³⁾、そのバックサイドダメージにウェーハ表面のエッチピットを減らすゲッタリング効果があること⁽¹⁴⁾、Si の Deep level についてゲッタリング効果があること⁽¹⁵⁾が実証されている。

そこで本報では、キャビテーション噴流を用いたバックサイドダメージゲッタリングの SiO₂ 酸化膜中での効果を調べるために、MOS ダイオードを作製し、C-V 特性⁽¹⁶⁾を評価した。

2. 実験装置および方法

試験片には、*p*-type, CZ ウェーハ、(100)面、厚さ 500 μm 、サイズ 18 mm $\times$ 20 mm、バックサイドダメージなしのシリコンウェーハを用いた。シリコンウェーハへのバックサイドダメージ導入のためのキャビテーション噴流装置を Fig. 1 に示す。直径 0.8 mm のノズルを用いて、水中に設置したシリコンウェーハに、噴射圧力 2.5 MPa、ノズルとシリコンウェーハ間の距離(スタンドオフ距離)17 mm としたキャビテーション噴流で処理した。本報では、キャビテーション噴流でバックサイドダメージを導入した領域と未処理の領域を比較するために、ノズルとシリコンウェーハを固定して、キャビテーション噴流を 10 分間噴射し、シリコンウェーハにリング状にバックサイドダメージを導入した。

次に、処理したシリコンウェーハを Cu で故意汚染し、1373 K、Dry O₂ 雰囲気中で 40 分間酸化した後、Fig. 2 に示

Fig. 1 Test section of the cavitating jet apparatus

Fig. 2 Schematic view of MOS diode

すような MOS ダイオードを作製した。電極には Al を用い、0.45 mm×0.45 mm のサイズにパターニングした。

作製した MOS ダイオードは、4280A 1MHz Capacitance meter を用いて、ゲート電圧 V_g を -12 ~ 0 V の範囲、ステップ電圧 0.1 V、Delay time 0.1 s で、キャビテーション噴流でバックサイドダメージを導入した領域と未処理の領域、故意汚染をせずに酸化した試験片の 3 箇所での C-V 特性を測定した。

3. 実験結果

バックサイドダメージを導入した領域と未処理の領域、故意汚染をせずに酸化した試験片の 3 箇所の C-V 特性の

Fig. 3 C-V characteristics

測定結果を Fig. 3 に示す。バックサイドダメージを導入した領域の C-V 特性は、未処理の領域の C-V 特性に比べて、故意汚染をしなかった試験片の C-V 特性の方向つまり正の方向にゲート電圧軸に沿ってシフトした。SiO₂ 酸化膜中に正の固定電荷が存在すると、フラットバンドは負の方向にシフトし、C-V 特性は負の方向にシフトすることが知られている⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾。よって、故意汚染をしていない試験片の C-V 特性を考慮すると、バックサイドダメージを導入した領域の SiO₂ 酸化膜中には、未処理の領域の SiO₂ 酸化膜中に比べて、正の固定電荷が少なくなったことを示している。ここで Cu は SiO₂ 酸化膜中で正にイオン化すること⁽¹⁷⁾を考慮すると、Fig. 3 の C-V 特性は、バックサイドダメージを導入した領域には、未処理の領域に比べて、SiO₂ 酸化膜中の Cu つまり金属不純物が少なくなったことを示している。したがって、キャビテーション噴流によって導入したバックサイドダメージにゲッタリング効果があることを示している。

4. 結 言

クリーンかつ簡便なキャビテーション噴流を用いたバックサイドダメージゲッタリングの SiO₂ 酸化膜中でのゲッタリング効果を評価するために C-V 特性を測定した。故意汚染をした試験片では、バックサイドダメージを導入した領域の C-V 特性は、未処理の領域の C-V 特性と比べて、故意汚染をしなかった試験片の C-V 特性の方に近づいた。つまり、バックサイドダメージを導入した領域は、故意汚染をしなかった試験片に近いものとなった。この結果から、キャビテーション噴流を用いたバックサイドダメージゲッタリングの SiO₂ 酸化膜中での効果を実証した。

参考文献

- (1) A. Goetzberger and W. Shockley, J. Appl. Phys., **31** (1960), 1821.
- (2) W. K. Tice and T. Y. Tan, Appl. Phys. Lett., **28** (1976), 564.
- (3) 阿部, シリコン: 結晶成長とウェーハ加工, (1994), 241, 培風館.
- (4) D. Kropman, S. Dolgov and T. Kaerner, Diffusion and Defect Data Part A, Defect and Diffusion Forum, **143-147** (1997), 1027.
- (5) G. E. J. Eggermont, R. J. Falster and S. K. Hahn, Solid-State Technol., **26** (1983), 171.
- (6) C. L. Reed and K. M. Mar, J. Electrochem. Soc., **127** (1980), 2058.
- (7) J. C. Mikkelsen, Appl. Phys. Lett., **42** (1983), 695.
- (8) R. Sawada, Jpn. J. Appl. Phys., Part 1 **23** (1984), 959.
- (9) 岸野ほか 29 名, シリコン結晶・ウェーハ技術の課題, (1994), 169, サイベック.
- (10) H. Soyama, J. D. Park and M. Saka, Trans. ASME, J. Manuf. Sci. Eng., **122** (2000), 83.
- (11) H. Soyama, JSME Int. J., **43A** (2000), 173.
- (12) H. Soyama and H. Kumano, Electrochem. Solid-State Lett., **3** (2000), 93.
- (13) H. Kumano and H. Soyama, M&M2004 材料力学カンファレンス講演論文集, (2004), 241.
- (14) H. Kumano and H. Soyama, Electrochem. Solid-State Lett., **7** (2004), in press.
- (15) H. Kumano, T. Sasaki and H. Soyama, Appl. Phys. Lett., **85** (2004), 3935.
- (16) S. M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, (1969), 362, Wiley-Interscience.
- (17) ULSI 製造における汚染の実態: 製造現場の実態と今後の課題, (1999), 151, リアライズ社.