

研磨時シリコンウェーハのバルクキャリアライフタイム と表面再結合速度の非接触測定

駒場貴文¹・菅正典²・荻田陽一郎²

¹ 大学院工学研究科電気工学専攻

² 電気電子工学科

Noncontact Bulk Carrier Lifetime and Surface Recombination Velocity Measurements of Polishing Si Wafers

Takafumi KOMABA¹⁾, Masanori KAN²⁾, Yoh-Ichiro OGITA²⁾

Abstract

The bulk carrier lifetime and surface recombination velocity are determined to be 624-659 μ s and 9497-15113cm/s, respectively, for p-type 10 Ω cm Si wafers with various surfaces such as as-sliced and as-polished, by the noncontact BSPCD (Bi-surface photoconductivity decay) method.

Keywords: BSPCD method, Bulk lifetime, Surface recombination velocity, Si wafer, Mirror polishing

1. まえがき

ULSI の高集積化にともない、高度シリコンウェーハ単結晶が必要とされている。従って、シリコンウェーハの中身であるバルク結晶性の高度品質度合を非接触で評価することが強く望まれている。

従来、シリコンウェーハの評価法として、非接触ライフタイム法が多く用いられてきている。

その方法では、表面の影響を含んだ見かけのライフタイム τ_a が測定され、結晶の中身を反映するバルクライフタイム τ_b を測定できない。従って高度シリコンウェーハの評価には向かない。

我が研究室では、表と裏面で表面状態の異なるウェーハの表面再結合速度およびバルクライフタイムをウェーハの状態で非接触のまま分離測定できる BSPCD (Bi-surface photoconductivity decay) 法を提案してきた¹⁾。その方法により、800 μ m ~ 2 mm の厚みをもつシリコンウェーハ^{2~3)}、表面が酸化ミラー面、ポリシリコン面、サンドブラスト面などをもつシリコンウェーハの表面再結合速度、バルクライフタイムを良く分離できることを示してきた^{3~5)}。

しかし、ミラー面をもち、厚みの薄いシリコンウェーハのバルクライフタイムは小さく求まり、分離測定ができないという問題があった。そこで、その原

因がシリコンウェーハの表面性状によるものか、厚みそのものによるものかを検討する必要がある。そこで厚いウェーハを測定試料として選ぶことで、厚みの原因を除去し、表面性状の違いのみによる表面再結合速度、バルクライフタイムの分離測定を行った。種々の研磨条件により、表面性状を変え、UHF 波を用いた非接触法により表面再結合速度、バルクライフタイムの分離測定を試みた。

2. 測定原理

BSPCD 法による分離測定法を Fig.1 に示す。図のように測定試料のそれぞれの面に光を照射し、キャリアを励起させ、このときのそれぞれの光導電減衰波形を測定する。減衰カーブの近似直線の傾きから見かけのライフタイム τ_a を求め、また $t=0$ への外挿値から交点を求める。この 2 つの交点と理論式を用いて、表面再結合速度 S_0 、 S_w を求める。その表面再結合速度 S_0 、 S_w と見かけのライフタイム τ_a からバルクライフタイム τ_b を算出する¹⁾

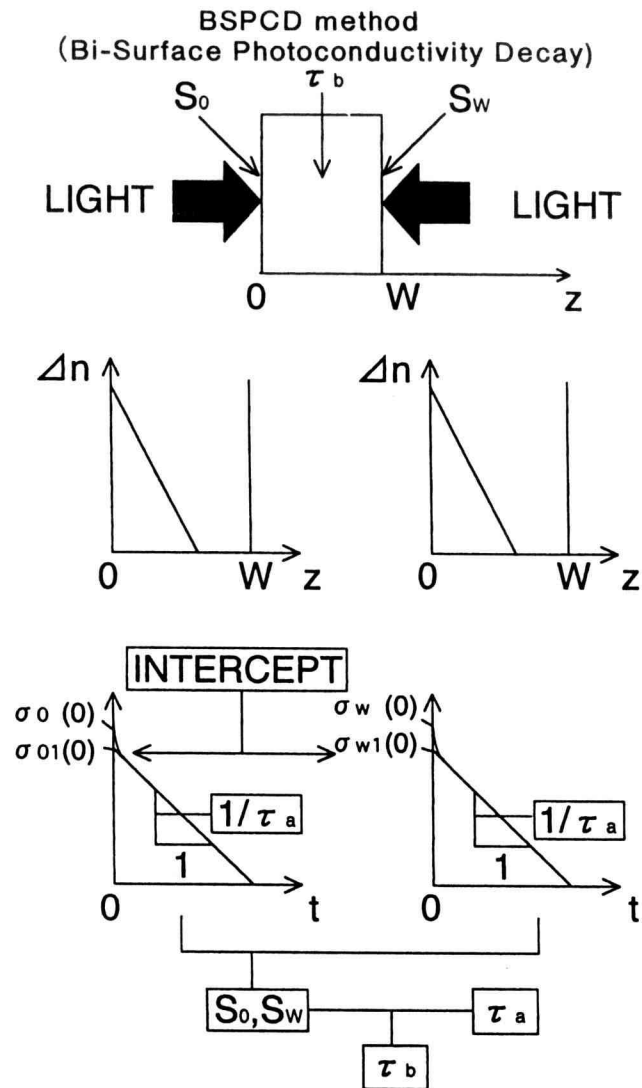


Fig.1. Sequence for determine τ_b , S_0 , S_w by BSPCD method.

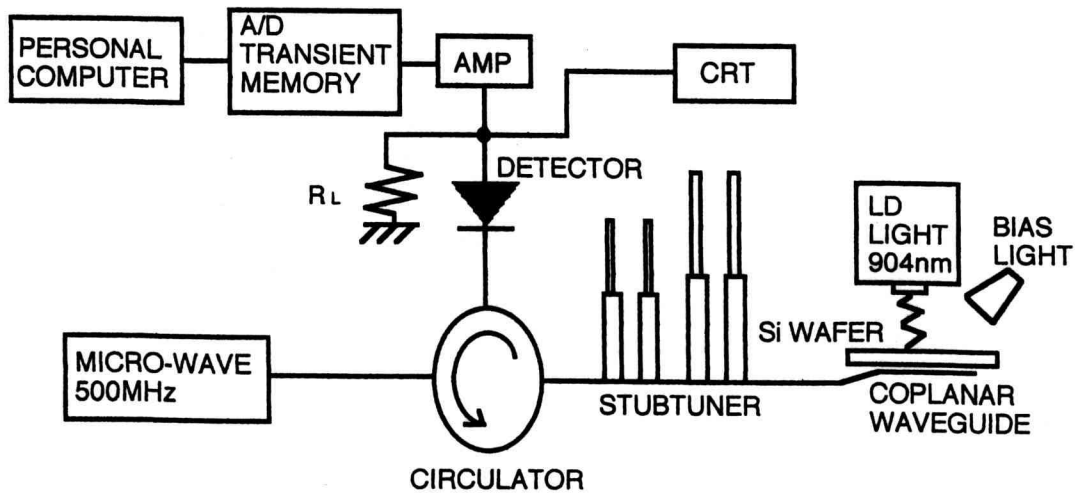


Fig.2. Measurement system

3. 実験方法

3. 1 試料の作製

抵抗率 $10 \Omega\text{cm}$ 、厚み 2.014 mm 、面方位 (100)、アブスライス面をもつ CZ、P 型のシリコンウェーハから 1cm 四方に切り出した 4 枚の試料を準備した。異なる表面形状をうるため、圧力 899g/cm^2 のもとで、 500nm 、 60nm 、 25nm 径のスラリーで両面を研磨し、試料を作製した。Table.1.にその研磨条件を示す。

Table.1. polishing condition for sample preparation

スラリー径 (nm)	研磨後の厚み (mm)	研磨量 (μm)
500	2.003	11
60	1.943	71
25	1.992	22

3. 2 測定方法

本研究に使用した測定システムを Fig.2.に示す。波長 904nm 、光パルス幅 70ns の近赤外レーザを試料の表面と裏面のそれぞれに照射し、キャリアを励起する。励起したキャリアによって変化した導電率をスロットラインから放射された 500MHz の反射波で検出し、その信号観測波形から交点と見かけのライフタイムを求めた。それらの値から 2. で述べた BSPCD 法で表面再結合速度、バルクライフタイムを求めた。

4. 実験結果と考察

アブスライス試料と研磨した試料に対する光導電減衰信号を Fig.3.~Fig.6.に示す。この 25nm を除いた光導電減衰信号から BSPCD 法によって分離された表面再結合速度 S_0 、 S_w とバルクライフタイム τ_b を Fig.7.,8. に示す。

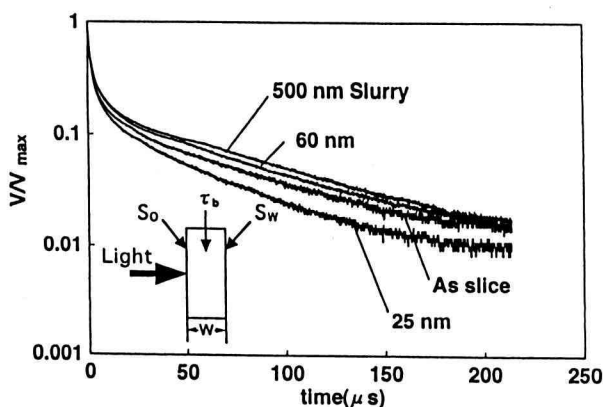


Fig.3.PCD curves measured for polishing Si wafers.
(S_0 -surface illumination)

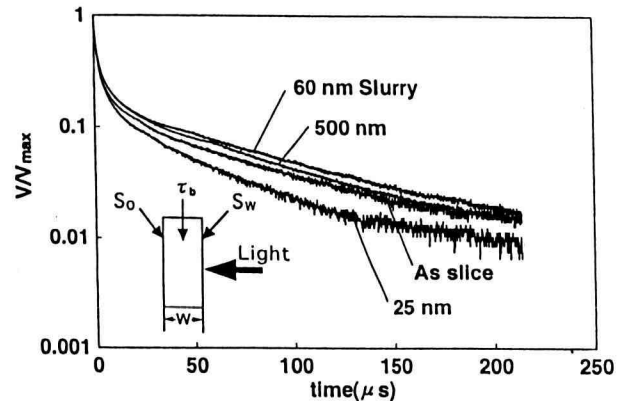


Fig.4.PCD curves measured for polishing Si wafers.
(S_w -surface illumination)

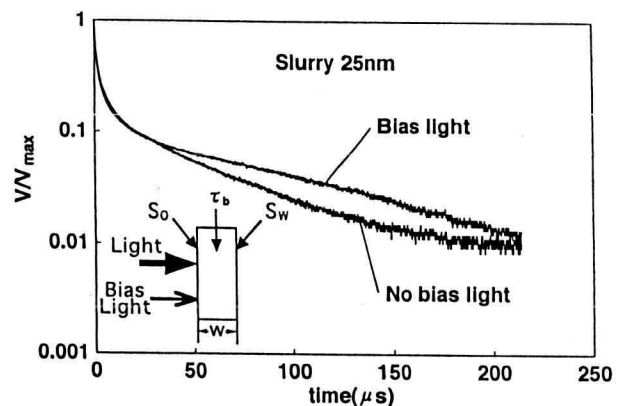


Fig.5.PCD curves measured with bias light for the Si wafer polished with 25nm slurry.
(S_0 -surface illumination)

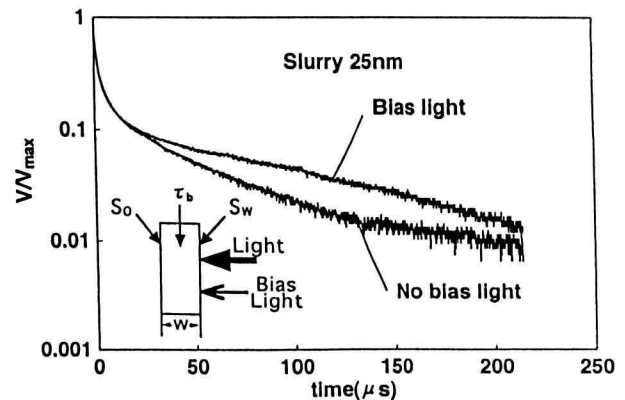


Fig.6.PCD curves measured with bias light for the Si wafer polished with 25nm slurry.
(S_w -surface illumination)

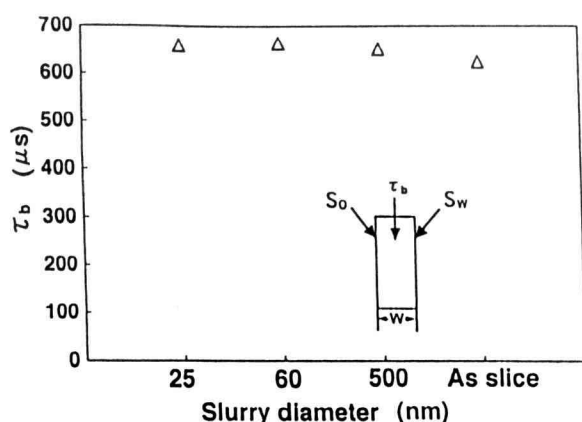
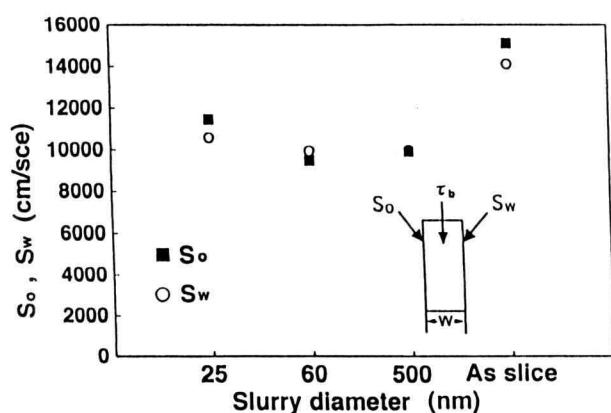
Fig.7. τ_b determined with BSPCD method.Fig.8. S_o , S_w determined with BSPCD method.

Fig.3,4.に見るように 25nm のスラリー径で研磨した試料の光導電減衰信号は他の径のスラリーより下側にきて、波形が下に凸状に丸みを帯びている。これはトラップの影響と考えられたので、バイアス光（白色光）を照射した。その結果を Fig.5,6.に示す。図のようにバイアス光照射により下の凸状の丸みが無くなり、直線的に減衰するようになることが分かる。

この Fig.5,6.の光導電減衰信号から求めた表面再結合速度 S_o , S_w とバルクライフタイム τ_b を Fig.7,8.の 25nm のデータに示す。Fig.7.に見るようにバルクライフタイムは表面研磨条件に対して一定で、約 650 μs が得られた。この値は同一インゴットの 0.8~2mm のアズスライス試料のバルクライフタイム 630 μs とほぼ一致する²⁻³⁾。さらに、この値は表面性状に依存せず、一定な値をとっている。これらのことから、本試料に対しても BSPCD 法は良く分離しているといえる。

Fig.8.より、60nm と 500nm スラリーで研磨を行った試料の表面再結合速度は、アズスライス試料のそれらより小さな値を示していることが分かる。これは、研

磨により表面粗さが小さくなり界面準位が少なくなったためと考えられる。より小さなスラリーの 25nm スラリー研磨では、さらに表面粗さが小さくなるので、表面再結合速度は小さくなるはずである。しかし Fig.8. に見るように逆に表面再結合速度は増加している。これは、25nm スラリー研磨による重金属汚染の影響が考えられるので、25nm スラリー研磨プロセスでの重金属汚染量を TXRF で測定した⁶⁾。その結果、20s 間の研磨では、Fe が $2.00 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ 、Ni が 0.12×10^{13} 、Cu が 1.25×10^{12} 、Zn が 5.33×10^{12} であったのに対し、80s 間の研磨では、Fe が $5.43 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ 、Ni が 2.33×10^{13} 、Cu が 8.48×10^{12} 、Zn が 8.85×10^{12} と増加した。従って、25nm のデータでは、30 分間研磨したので重金属汚染され、表面再結合速度が増加したと考えられる。

5. あとがき

表面性状が異なるシリコンウェーハ試料を BSPCD 法で分離測定した結果、表面再結合速度、バルクライフタイムの値を良く測定分離できることが分かった。従って、表面粗さなどの表面性状の違いが、BSPCD 法で分離測定できない主要原因ではないということが分かった。

参考文献

- 1) Y. Ogita, J. Appl. Phys, **79**, pp. 6954-6960 (1996)
- 2) Y. Ogita, The Electrochemical Society Meeting, **90-1**, 702 (1990)
- 3) Y. Ogita, Y. Iwami, H. Daio and K. Yakushiji, The Japan Society for the Promotion of Science, pp. 455-460 (1996)
- 4) Y. Ogita, M. Minegishi, H. Higuma, Y. Shigeto and K. Yakushiji, Inst of Phys, pp. 325-330 (1996)
- 5) Y. Ogita, M. Higuma, M. Sigeto, K. Yakushiji, MRS. **430**, pp. 79-84 (1996)
- 6) 澤登 剛、荻田 陽一郎、青色レーザ／マイクロ波光導電変化を用いたシリコンウェーハ表面層の評価 神奈川工科大学研究報告 22 号、(1998)