Si 結晶中の加工歪みとデバイス特性

名倉英明*, 藤原誠司*, 山田博之*, 横沢真観*

Relation Between the Defects in Abrade Layers and the Device Characteristics

Hideaki NAKURA*, Seiji FUJIWARA*, Hiroyuki YAMADA* and Masami YOKOZAWA*

The relation between the defects in the abraded layers resulting from the grinding, lapping and polishing of Si wafers and the break down phenomena of devices were investigated. The poly crystalline layer, mosaic layer, and crack layer defects caused by grinding had a strong influence on break down voltage. Moreover the presence of dislocations in these layers, induced by lapping, also caused soft break down phenomena. The layers treated by polishing, however did not influence device break down characteristics.

Key Words : Break-down Phenomena, Polishing, Lapping Abrade Layers, Si Crystal

1. 緒 言

Si 結晶は、単結晶化されたインゴットから薄片化、研削、研磨、鏡面などの機械的加工や電気的もしくは化学的加工を経て半導体デバイス基板に仕上げられている。当然ながら、機械加工においては各種の加工歪みを生じ、それ自体、デバイスの電気特性に影響したり、またはデバイス製作時の熱処理によって転位や積層欠陥の発生源となっていた。その影響を著しく改善したのが機械加工と電気化学的加工を組み合わせた複合加工である。すなわち、この複合加工を仕上げ加工とすることでデバイスの性能、品質および製造歩留まりを大幅に向上させた。しかしながら、Si ウェハの基本的な加工は研削、研磨、鏡面仕上げなどの機械加工であるが、各工程で発生した

加工歪みとデバイス特性との関係を明らかにした研究報告は少ない^{1)~3)}。

本報告では、Si 結晶の(111)面に種々の機械的加工を施して加工歪みを生じさせ、そのウェハを用いてバイポーラ型のトランジスタを試作した。そして各種の加工歪み層とデバイスの降伏特性の関係について述べる。

2. 実験方法

2. 1 試料

CZ法でリンを添加して<111>方向に単結晶化した比抵抗10Ωcmのn型Si インゴットから、成長方向に垂直に薄片化した厚み700μmのSi ウェハに、表1に示すフローによって研削、研磨、鏡面仕上げした計4種類の試料を準備した。すなわち、薄片化したウェハを先ず#1200の粒子で研削し、厚みを500μmとした後、両面よりリン(P)を180μmの深さまで拡散させた。その後、片面から第一次研削(#600, 226μm除去：試料1)と第二次研削(#1200, 18μm除去：試料2)を施した。次

* 松下電子工業(株) 第1事業本部 (〒617 京都府長岡京市神足焼町1)
Matsushita Electronics Corp., Business Group・1 (1, Koutariyakimachi, Nagaokakyo-shi, Kyoto 617)

Table 1 Samples used for experiments.

Sample flow		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
N ⁺ diffusion thickness		180 μm	180 μm	180 μm	180 μm
	abrasive powder	grinding # 600	grinding # 600 + grinding # 1200	grinding # 600 + grinding # 1200 + Polishing # 1200	grinding # 600 + grinding # 1200 + Polishing # 1200 + Polishing # 4000
	abrasive thickness	# 600 226 μm	# 600 226 μm + # 1200 18 μm	# 600 226 μm + # 1200 18 μm + # 1200 30 μm	# 600 226 μm + # 1200 18 μm + # 1200 30 μm + # 4000 8 μm
final thickness		274 μm	256 μm	226 μm	220 μm

いで研磨（＃1200，30 μm 除去：試料3）と鏡面仕上げ（＃4000，6 μm 除去：試料4）を施した4種類である。

2. 2 バイポーラトランジスタの試作

表1に示した4種類の試料を用いて，一片，2.3mmのプレーナ構造のNPN型バイポーラトランジスタを試作した。すなわち，熱酸化によって形成した二酸化ケイ素膜とフォトリソ技術とで，ベース領域（ホウ素拡散）エミッタ領域（リン拡散）を順次選択的に形成した。拡散深さは，エミッタで8 μm ，ベースで12 μm である。

なお，熱処理は上昇10C/min，降下3 C/min，の除熱，除冷とし，急熱急冷での歪み発生を極力防いだ。

2. 3 加工歪みの観察

研削，研磨および鏡面仕上げの終了した4種類の試料とそれらの試料に熱処理を加えたSi ウェハをジトルエッチ（CrO₃ 50g+H₂O 100g+48%HF 100g）することによって加工歪みを光学顕微鏡で観察した。加工歪みの観察位置は，N⁺拡散層の反対側のコレクタ領域とし，表面からの深さに対応させた。

2. 4 バイポーラトランジスタの特性測定

バイポーラトランジスタおよびダイオードの耐圧は，それぞれのウェハにプローブ針を接触させ，カーブトレーサで測定した。

3. 実験結果と考察

図1には，試料1～4をジトルエッチした時の加工歪みを示す。研削加工で終了したSi ウェハ（試料1および2）の加工歪み層は，試料1では表面近傍に多結晶層が存在し，深さは約2 μm である。また，多結晶層下は，

約4.8 μm までモザイク層もしくはクラック層がそして深さ20 μm まで有歪層（加工によって転位が導入されている層）が存在する。また試料2では，多結晶層，モザイク層もしくはクラック層で約2.1 μm までそして有歪層は約10 μm の深さまで存在する。一方，試料3の研磨加工で終了したウェハおよび試料4の鏡面仕上げで終了したウェハには，多結晶層はもちろんモザイク層もクラック層も存在しない。しかし，有歪層は表面から約2 μm の深さまで存在している。すなわち，最終仕上げの加工状態で著しく加工歪層の状況は変化することがわかる。

図2には，ベース領域形成（ホウ素拡散）後の加工歪みとダイオードの降伏特性を示す。加工歪みは，ベース領域前と大差ない。しかし，ダイオードの降伏波形は，導通波形から抵抗波形に変化している（試料1および2）。すなわち，多結晶層は抵抗体であることがわかる。それに対し，研磨加工で終了した試料3および鏡面仕上げで終了した試料4では，200V以上のダイオード耐圧を示す。しかし，降伏波形はソフト形状であり，有歪層は降伏波形をソフト形状にさせる要因となることを示唆している。

図3には，ベース拡散およびエミッタ拡散後の加工歪みとトランジスタのコレクタベース間耐圧（V_{cbo}）の降伏特性を示す。図からわかるように，試料1および2ではベースおよびエミッタ拡散の熱処理が加わったことにより，再結晶化が進行している。そのため，各試料とも耐圧は若干高くなっている。これは，加工歪層の再結晶化（焼鈍やバックヒーリング）⁴⁾によって結晶性が改良したためと理解できる。

Fig. 1 Defects in abrade layers (Bulk crystal).

Fig. 2 Defects in abraze layers and device characteristics (after base diffusion).

Fig. 3 Defects in abraze layers and device characteristics (after emitter diffusion).

4. 結 言

文 献

Si 結晶を研削加工，研磨加工および鏡面仕上げ加工した時に発生する加工歪みとデバイスの耐圧（降伏特性）との関係を明らかにした。その結果，研削加工では多結晶層，モザイク層，クラック層および有歪層が発生して耐圧（降伏特性）は抵抗特性を示す。また研磨加工では，転位を含む有歪層を発生し，耐圧（降伏特性）のソフトレクダウンの要因となる。鏡面仕上げ加工では，加工歪層は発生せず，デバイスの耐圧（降伏特性）にも影響しない。

(Received August 30, 1993 ; Accepted March 18, 1994)

1) 例えば，松永正久，井田一郎，小川智哉，高須新一郎 編集；エレクトロニクス用結晶材料の精密加工技術（サイエンス フォーラム社，1985）
2) 唐木俊郎，飯山重幸，撥梅 豊，関 正宏；第40回応用物理学会講演会，19-F-9（1979）
3) 吉春哲次朗，山根唯弘；第41回応用物理学会講演会，18a-N-1（1980）
4) 岩田元孝，斎藤信也；第31回応用物理学会講演会，29a-P-9（1984）