

## 7-3 イオン打込みしたSiの逆アニール現象

日立中研

吉広尚次, 池田隆英, 田村誠男, 槌木 尚, 徳山 巍

1. 緒言 シリコンへのほう素の室温打込み層のアニールについてはアニール温度の上昇とともにキャリア数が減少するいわゆる逆アニール現象が知られており<sup>(1)</sup>, 一度格子の置換位置に入ったほう素原子が再び格子間位置に出ることに対応する現象であることが、プロトンによる後方散乱実験により確かめられている<sup>(2)</sup>。我々は、ほう素を基板温度を変えて打込み、アニール特性の変化をしらべるとともに、リン打込みについても同様の実験を行い、逆アニール現象がほう素打込み層固有の現象でないことを見い出し、打込み条件との対応をしらべた。また、電子顕微鏡による二次欠陥の直接観察を併用することにより、ほう素およびリン打込み層中の二次欠陥と打込み条件との間に、同等の対応関係が見られることを見い出し、逆アニール現象の原因について検討したので結果を報告する。

2. 実験 実験に用いた基板結晶は $\langle 111 \rangle$  Siである。ほう素およびリンを50及至100 KeVに加速し、 $10^{13} \sim 10^{16}$  イオン/cm<sup>2</sup>打込んだ。打込み時の基板温度は $-193^{\circ}\text{C}$  (ほう素)  $\sim 600^{\circ}\text{C}$  である。キャリア濃度および移動度の測定は四探針法および van der Pauw の方法によった。格子欠陥観察は100 KeVの電子顕微鏡によって行った。電子顕微鏡観察用試料の作製は通常の化学エッチ法によった。

3. 実験結果および検討 (1) ほう素打込み層のアニール特性 種々の基板温度で打込んだほう素打込み層のアニール特性の例を図1に示す。逆アニール現象は室温打込み、 $550 \sim 650^{\circ}\text{C}$  アニールの条件の場合に見られる。 $-193^{\circ}\text{C}$  の低温打込みでは、リンを室温で高濃度打込んだ場合と同様に無定形層が形成されアニール特性も類似した形となり、 $600^{\circ}\text{C}$  までのアニールでキャリア数の回復はほぼ完了する。一方基板温度を上げた打込みでは、 $700^{\circ}\text{C}$  以上でのアニール特性は室温打込みの場合とはほぼ同様であるが、室温打込みの場合に見られる $500^{\circ}\text{C}$  以下での回復過程は見られずキャリア濃度が約1桁低くなり、逆アニール現象も見られない。 $600^{\circ}\text{C}$  打込みでは打込み時のキャリア数は同温度でアニールした室温打込み層のキャリア数よりやや大きい、高温でのアニールは遅くなる。

(2) リン打込み層のアニール特性 100 KeV,  $10^{16}$  リン打込みのアニール特性を図2に示す。室温打込みではよく知られているように、 $600^{\circ}\text{C}$  付近でキャリア数の急激な回復が見られる。一方リンを基板温度を上げて打込むと室温打込みで見られるような無定形層の形成が起らなくなるとともに、アニール特性も異なってくる。すなわち、 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$  付近に逆アニール現象が現われ、ほう素の室温打込みの場合によく似たアニール特性を示す。キャリア数の回復はそれに伴って高温側にずれ、完全なアニールを行うには $900^{\circ}\text{C}$  程度の高温が必要である。この回復の遅れは、顕著な逆アニールを示す $300 \sim 500^{\circ}\text{C}$  での打込みの場合に著しい。

(3) アニール特性と二次欠陥 打込み層中の二次欠陥の様子はアニール条件によって異なる。リン打込み層を、転位ループがある程度発達するような条件でアニール

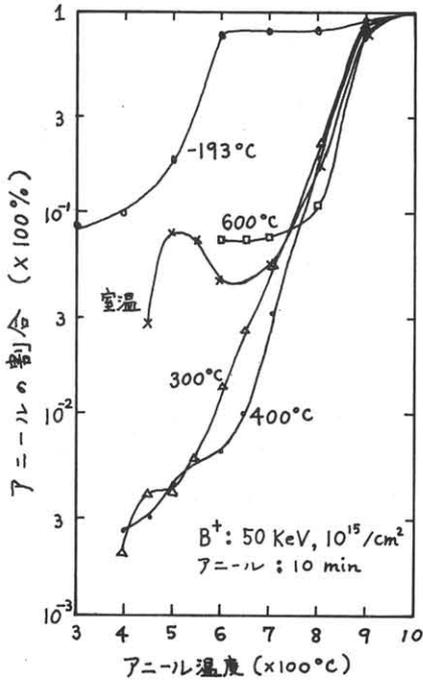


図1. ほう素の打ち込み基板温度とアニール特性

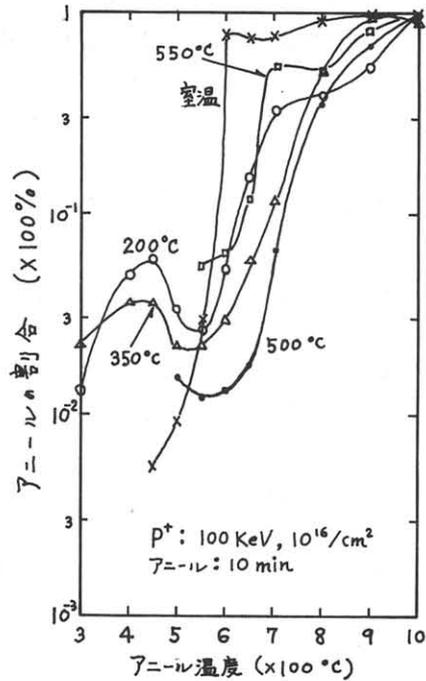


図2. リンの打ち込み基板温度とアニール特性

しその性質をしらべた結果を表1に示す。すなわち、逆アニールがなく無定形層を生ずる室温付近での打ち込みによって生ずる転位ループは格子間原子が凝集した型のものであり、高温での打ち込みによれば空格子型転位ループを生ずる。中間の逆アニールを生ずる温度での打ち込みによれば両方の型の欠陥が同時に存在する。欠陥の形状から見れば、逆アニール現象のある温度で打ち込まれた試料では、円形に近いループの他に $\langle 110 \rangle$ に走る直線状の転位あるいは転位ループを生ずるものが特徴であり、ほう素の対応する打ち込み条件での二次欠陥と興味深い対応を示す。

以上のようにリンおよびほう素打ち込み層は、キャリア数の回復に関して逆アニールによって生ずる二次欠陥に関して、逆アニールを生ずる打ち込み温度およびその低温、高温側での打ち込みに対し、かなり対応した挙動を示す。我々は以上の他ほう素などの拡散層へのイオン打ち込みに見られる逆アニール類似の現象、およびネオンなど非ドーパイオンの二重打ち込みによる逆アニール現象の消失現象を含めて、かかる現象の統一的解釈の可能性を検討する。本研究は新技術開発事業団の委託開発の一部として行われたものである。

表1 リン打ち込み基板温度と二次欠陥 (100 KeV,  $5 \times 10^{16}$  1/cm<sup>2</sup>)

基板温度	~ 200°C	200°C~600°C	600°C ~
転位ループの性質	格子間型(I)	I + V	空格子型(V)
二次欠陥の形状			

【参考文献】

- (1) 例として A. H. Clark and K. E. Manchester, Trans. AIME, 242, 1173 (1968), J. M. Shannon and R. T. Treoe and G. A. Gard, Canad. J. Phys. 48, 227 (1970)
- (2) J. C. North and W. M. Gibson, A.P.L. 16, 126 (1970) G. Fladdin et al., A.P.L. 16, 313 (1970)