

# CZNTD Si 中氧碳对缺陷-杂质复合体 行 为 的 影 响

张一心 李朝勇

(中国科学院半导体研究所,北京, 100083)

李光平 何秀坤

(机电部46所,天津, 300192)

卢存刚

(中国原子能科学研究院,北京, 102413)

李祖华

(北京605厂,北京, 100022)

1991年4月17日收到,1991年8月20日修改定稿

本文研究了CZNTD Si中氧碳和缺陷-杂质复合体的热处理行为。分析了辐照和退火中的氧碳沉淀、缺陷-杂质复合体的形成、演变与施主的关系。确定了辐照施主是很少的,而主要是退火中形成的新施主,并且碳对这种施主起着强烈的促进作用。

PACC: 6180H, 6170W

## 一、引言

中子嬗变掺杂技术及退火条件,对FZ Si已经成熟,并且在国内外已得到了广泛的应用。对于CZ Si,辐照嬗变后,虽对一些问题进行了研究,也做了一些试用,但由于CZ Si含有过剩的间隙氧和一定的替代碳,使辐照嬗变后的CZ Si(下称CZNTD Si),在退火过程中的氧碳行为、点缺陷和缺陷-杂质复合体的行为及其施主的形成等都变得十分复杂。目前从机构上还没有搞清楚,在很大程度上限制了CZNTD Si的推广和应用。

在辐照过程中,由于快中子、 $\gamma$ -场和 $\beta$ -粒子的作用导致Si的辐照损伤,因此在未退火的CZNTD Si中,存在着大量的点缺陷、缺陷-杂质复合体,甚至较复杂的缺陷团及位错环等。这些缺陷的类型及浓度可能取决于辐照温度、热快比、中子通量和原始CZ Si氧碳含量及完整性。

以前的研究结果:(1)间隙氧大于或等于 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 的CZ Si,中子辐照和退火后形成的缺陷-杂质复合体起施主作用,并在 $850^\circ\text{C}$ 、 $950^\circ\text{C}$ 、 $1000^\circ\text{C}$ 退火是相对稳定的<sup>[1,2]</sup>;(2)A-中心,即氧-空位复合体,对应的波长为 $12.0 \mu\text{m}$ <sup>[3]</sup>和 $11.98 \mu\text{m}$ <sup>[4]</sup>,即 $830\text{cm}^{-1}$ 和 $835\text{cm}^{-1}$ 吸收带;(3) $8-15 \mu\text{m}$ 范围内的吸收带,可由双空位聚合而成<sup>[5]</sup>,并指出形成的温度为 $600^\circ\text{C}$ ;(4)CZNTD Si $350^\circ\text{C}$ 退火观察到六个不同的吸收带<sup>[6]</sup>,即 $12.1 \mu\text{m}$ 、 $12.0 \mu\text{m}$ 、 $11.9 \mu\text{m}$ 、 $11.2 \mu\text{m}$ 、 $10.8 \mu\text{m}$ 和 $9.87 \mu\text{m}$ ,在高温退火后得到 $9.62 \mu\text{m}$ 和 $9.49 \mu\text{m}$ ,并指出这些吸收带 $750^\circ\text{C}$ 30分钟退火可以完全消除,这样可以得到预期的载流子浓度和迁移率;

(5)最近研究了 $12.9\mu\text{m}$ 、 $13.5\mu\text{m}$ 和 $14\mu\text{m}$ 的吸收带<sup>⑦</sup>,并指出是多空位形成的。

从文献报道的情况看,碳的影响报道很少,氧碳的热处理行为对缺陷-杂质复合体的影响、对辐照以后新施主形成的影响报道的更少。本文着重研究氧碳含量-缺陷-杂质复合体-新施主等之间的关系。

## 二、实 验

### 1. 样品

#### (1) 样品编号

样品分为A、B、C三类。脚注1,2,3……表示同一类样品的片子序号。 $A'$ 、 $B'$ 、 $C'$ 表示同一个片子分为两半的标号。如 $A_1$ 和 $A'_1$ ,即为 $A_1$ 分开的两半。

#### (2) 样品制备

实验样品选用N型CZSi,根据氧碳含量分为四组,切片后双面研磨和化学机械抛光,切磨抛后的样品厚度约为1mm。抛光后经严格清洗,放入反应堆的同一孔道的同一位置,为了对比,每一个样品分为两半,样品的具体参数见表1。

表1 样品分组及参数

样品分组	样品数量	电阻率 $\Omega \cdot \text{cm}$	载流子浓度 $\times 10^{15} \text{cm}^{-3}$	间隙氧 $\times 10^{17} \text{cm}^{-3}$	替代碳 $\times 10^{16} \text{cm}^{-3}$	嬗变后载流子浓度 $\times 10^{15} \text{cm}^{-3}$
第一组 A类样品	8	6.8—7	0.669	13.6—14.3	<1	1.051
第二组 A类样品	8	4.5—4.8	1.04	9—9.8	<1	1.41
第三组 B类样品	8	4—4.5	1.33	12.7—13.1	8—12	1.736
第四组 C类样品	8	3.5—4	1.50	11.7—12	19—31	1.844

### 2. 辐照嬗变条件

积分通量:  $1.5 \times 10^{18} \text{n} \cdot \text{cm}^{-2}$

通量强度:  $1.736 \times 10^{13} \text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

热快比: 240

辐照温度:  $280^\circ\text{C}$

辐照时间: 24 小时

样品位置: 20 孔道底

### 3. 退火条件

(1)  $1100^\circ\text{C}$ 普氮中高温退火。

(2)  $400^\circ\text{C}, 500^\circ\text{C}, 600^\circ\text{C}, 700^\circ\text{C}$ 各一小时; $850^\circ\text{C}, 900^\circ\text{C}, 1000^\circ\text{C}, 1100^\circ\text{C}$ 各二小时等时退火。

(3)  $600^\circ\text{C}, 700^\circ\text{C}, 800^\circ\text{C}, 830^\circ\text{C}, 860^\circ\text{C}, 900^\circ\text{C}, 1000^\circ\text{C}, 1150^\circ\text{C}$ 普氮中各二小时等时

退火。

(4) 600℃, 700℃, 830℃普氮中各二小时等时退火。

(5) 860℃普氮中二小时退火。

#### 4. 分析方法

(1) 利用傅立叶红外光谱仪, 进行室温和低温测量。

(2) 利用霍耳方法测量样品的电阻率和载流子浓度。

### 三、实验结果与讨论

#### 1. 高温退火的氯碳行为

图 1 示出了低碳样品在高温退火中的氧变化。由图 1 看出, 未辐照的低氧样品  $A_2$ , 在退火中氧基本上不发生变化, 经过辐照的  $A'_2$  样品, 在 10 小时之内, 由于缺陷-复合体的解体, 间隙氧上升, 10 小时之后氧基本上不变化。但是与  $A_2$  相比, 总的氧含量下降了约  $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。

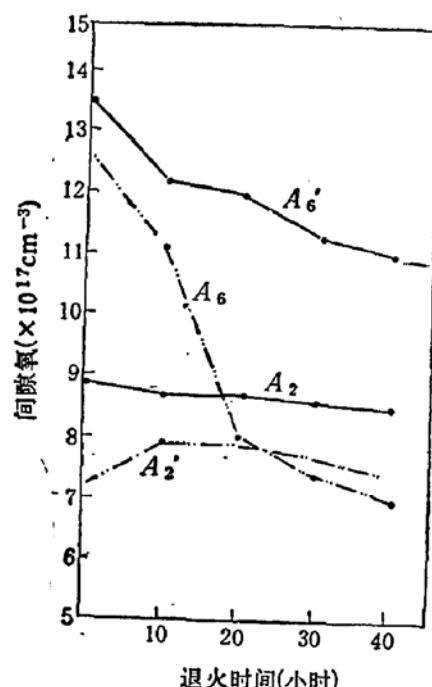


图 1 辐照和未辐照的低碳样品 1100℃ 退火  
氧随退火时间的变化

$A'_2, A'_6$  为辐照样品  $A_2, A_6$  为未辐照样品  
原始氧含量为:  $A_2: \theta_i = 8.9 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$   
 $A_6: \theta_i = 1.35 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$

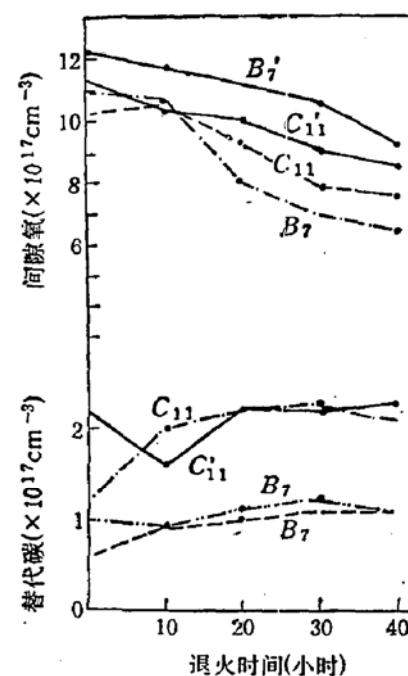


图 2 辐照和未辐照的高氧高碳样品 1100℃  
退火氧碳随退火时间的变化

$C_{11}, B_1$  为辐照样品,  $C'_{11}, B'_1$  为未辐照样品,  
原始氧碳含量为  $C_{11}: \theta_i = 1.14 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$   
 $C_2 = 2.20 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$   $B_1: \theta_i = 1.23 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$   
 $C_2 = 1.00 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$

对于高氧样品, 未辐照的  $A'_6$  在退火中, 氧有少量下降, 而经过辐照的  $A_6$ , 在 20 小时之内氧沉淀的较快, 20 小时以后沉淀速率减慢, 40 小时所剩的间隙氧, 基本接近 1100℃ 下的饱和溶解度。这表明高氧样品经过辐照以后, 由于存在大量的点缺陷及氧-空位复合体。在高温退火过程中, 这些缺陷可以聚集成为氧的沉淀核心, 导致氧的快速沉淀。

高氧高碳样品在高温退火中的氧碳行为示于图 2, 由图可以看出, 经过 40 小时热处理, 辐照样品比未辐照样品氧沉淀的快, 但氧沉淀的快慢与碳含量无关。这是因为在 40 小时退火过程中, 碳含量总的没有发生沉淀, 所以氧沉淀不受碳含量多少的影响, 而只决定于氧含量。

## 2. 辐照与退火中的缺陷-杂质复合体的行为

对于低碳中氧和高碳高氧样品, 从低温到高温进行变温等时退火, 每次退火后都进行低温红外测量, 观察和分析缺陷-杂质复合体的形成、消失与演变。低碳中氧样品  $A_1$  的测量结果示于图 3。由图 3 看出, 未退火明显的吸收带为  $835\text{cm}^{-1}$ , 这是在辐照过程中形成的 A-中心<sup>[4]</sup>。400°C 一小时退火, A-中心消失, 形成  $11.17\mu\text{m}$  的吸收带。500°C 一小时退火, 在  $8-15\mu\text{m}$  波长范围内, 出现了明显的七个吸收带, 即  $9.5\mu\text{m}$ ,  $10.2\mu\text{m}$ ,  $10.9\mu\text{m}$ ,  $11.2\mu\text{m}$ ,  $12.9\mu\text{m}$ ,  $13.5\mu\text{m}$ ,  $14.0\mu\text{m}$ ; 600°C 一小时退火, 全部吸收带都已消除。

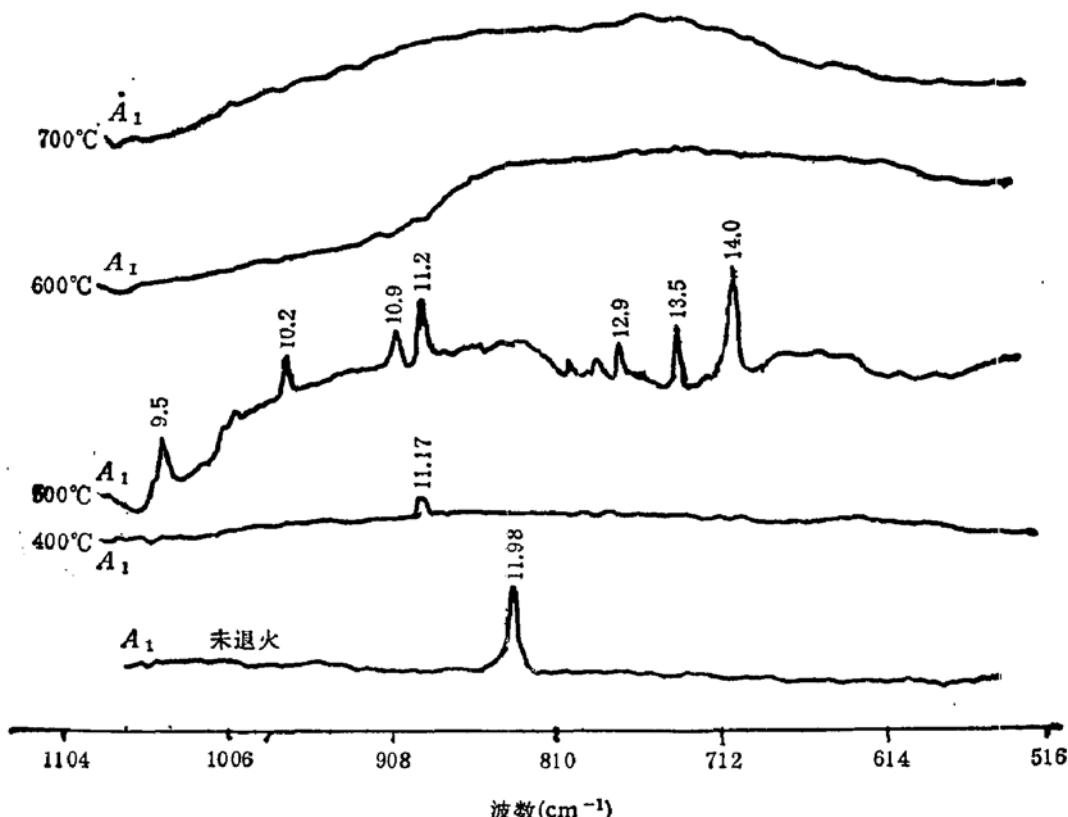


图 3 低碳中氧 CZNTD Si 在辐照与退火中缺陷-杂质复合体的形成及消除

高碳高氧样品  $C_{10}$  和  $B_1$  的测量结果示于图 4。未退火测量, 除了 A-中心外, 还形成了  $11.55\mu\text{m}$  和  $13.6\mu\text{m}$  的吸收带。与低碳样品相比, 这两个吸收带明显的与碳含量有关, 特别是  $11.55\mu\text{m}$  吸收带, 碳含量越高吸收系数越大。400°C 一小时退火, 这三个吸收带消失, 形成  $11.17\mu\text{m}$  的新吸收带, 500°C 一小时退火。在  $8-15\mu\text{m}$  的波长范围内出现了八个吸收带, 即  $9.5\mu\text{m}$ ,  $10.2\mu\text{m}$ ,  $10.9\mu\text{m}$ ,  $11.2\mu\text{m}$ ,  $11.94\mu\text{m}$ ,  $12.1\mu\text{m}$ ,  $12.4\mu\text{m}$ ,  $13.2\mu\text{m}$ ; 另外在大于  $15\mu\text{m}$  的长波长范围有  $15.6\mu\text{m}$ ,  $17.0\mu\text{m}$  和  $18.0\mu\text{m}$ 。600°C 一小时退火, 还剩下四个明显的吸收带, 即  $9.9\mu\text{m}$ ,  $10.1\mu\text{m}$ ,  $10.2\mu\text{m}$ ,  $13.1\mu\text{m}$ 。700°C 一小时退火, 以上

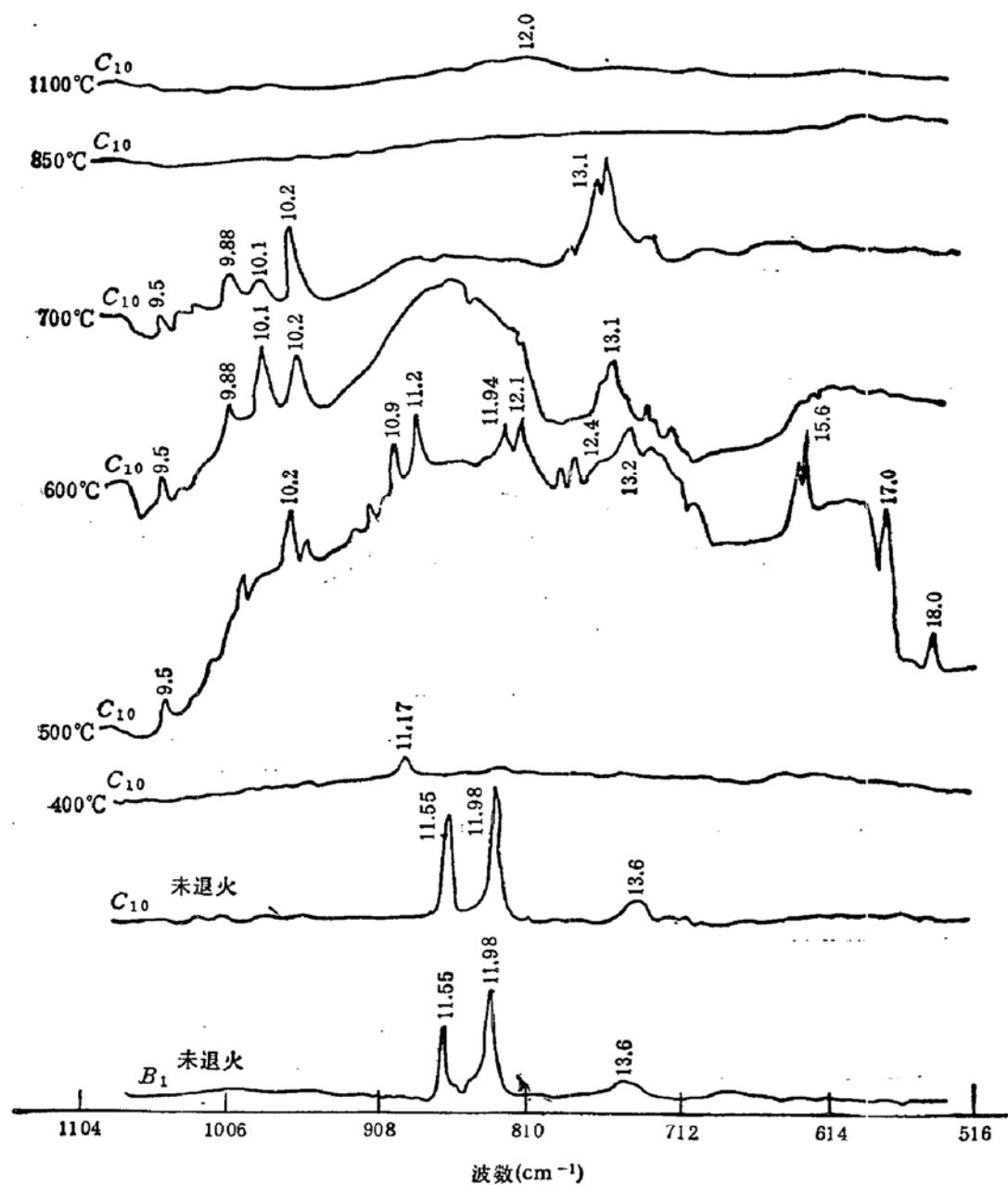


图 4 高碳高氧 CZNTD Si 在辐照和退火中缺陷-杂质复合体的形成与消失

四个吸收带仍然存在。直到 850℃ 二小时退火，全部吸收带才消除。该结果与下面讨论的氧碳沉淀及施主的形成有相应关系。

### 3. 400—1100℃ 变温等时退火的氧碳沉淀

在辐照后和退火过程中分析缺陷-杂质复合体的同时，相应的对氧碳都进行了测量。测量结果示于图 5。由图 5 看出，低碳样品和高碳样品，氧碳沉淀有很大的差别。低碳样品 A<sub>1</sub>，原始的间隙氧为  $9.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ，辐照后变为  $8.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ，降低了  $1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。这是因为辐照后形成了氧-空位复合体，导致间隙氧稍有下降。在 400—600℃ 退火中间隙氧的起伏变化可能与氧-空位复合体的解体与形成相联系。700℃ 退火，因氧的同质成核，导致氧较多的降低，850℃ 二小时退火核又发生溶解，氧再度增加，但总的看，到 1100℃ 退火，氧基本上没有发生大的变化。对于高碳高氧样品 B<sub>1</sub> 和 C<sub>10</sub>，氧碳有同样地变

化趋势。下面以  $C_{10}$  为例加以分析。400℃退火, 因缺陷-杂质复合体的变化, 氧略有升高, 从 500℃退火开始, 间隙氧下降。500℃间隙氧稍微下降是因为形成了多种缺陷-杂质复合体。600℃和 700℃退火, 由于缺陷-杂质复合体聚集成为氧的沉淀核心, 所以氧的沉淀速率加快; 850℃退火二小时, 氧的沉淀速率很快, 所剩的间隙氧已接近该温度的饱和溶解度, 并且全部缺陷-杂质复合体的吸收带消除, 但不是缺陷-杂质复合体解体, 而是进一步聚合转化成氧的二相沉淀及其伴随的位错环, 且与新施主的增多相对应。900℃二小时退火氧进一步下降到  $2.6 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。1000℃二小时退火, 因所剩的间隙氧低于该温度下的饱和溶解度, 一部分沉淀氧发生溶解, 使间隙氧回升到  $5.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。1100℃二小时退火, 间隙氧又略有升高。

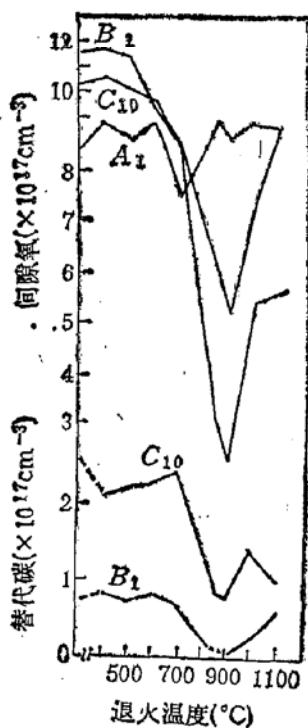


图 5 CZNTDSi 从 400—1100℃ 退火氧碳随退火温度的变化

原始氧碳含量为:

$$A_1: \begin{cases} \theta_i = 9.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \\ C_s = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \end{cases}$$

$$B_1: \begin{cases} \theta_i = 1.27 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \\ C_s = 1.0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \end{cases}$$

$$C_{10}: \begin{cases} \theta_i = 1.15 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \\ C_s = 3.1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \end{cases}$$

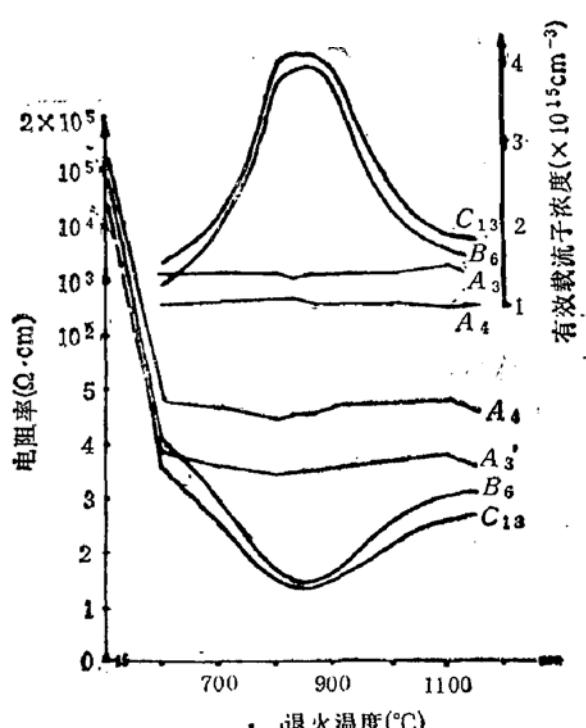


图 6 从 600—1150℃ 等时退火电阻率和有效载流子浓度随温度的变化

原始氧碳含量为:

$$A'_1: \theta_i = 9.8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}, C_s < 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$A'_4: \theta_i = 1.39 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}, C_s < 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$B_6: \theta_i = 1.31 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}, C_s = 1.2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$C_{13}: \theta_i = 1.17 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}, C_s = 2.8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

图 5 也示出了样品  $C_{10}$  的碳变化。在 700℃之前退火, 因碳浓度很高和样品  $B_1$  的碳变化略有差别。辐照以后, 单晶变为非晶状态, 碳原子受的束缚力较弱, 400℃退火, 辐照损伤恢复的很少, 一部分碳原子可能变为间隙态, 所以替代碳稍有下降。500—700℃退火, 虽然有一部分碳原子参与缺陷-杂质复合体的形成与演变。但是随着辐照损伤的恢复, 间隙碳逐渐复位, 这一部分碳多于前一部分用掉的碳, 所以导致替代碳的增加。700℃以后, 由于碳参与大量的氧沉淀, 碳相当于氧也很快沉淀, 到 900℃也下降到最低点;

1000℃退火，随着氧的增加，碳也升高；1100℃退火，由于形成对应于 $830\text{cm}^{-1}$ 吸收带的SiC沉淀<sup>[8]</sup>，碳再次减少。但这时的 $830\text{cm}^{-1}$ 吸收带与A-中心是两回事。

#### 4. CZNTDSi 退火中的施主效应

CZNTDSi 从600—1150℃和从400—1150℃二小时等时退火的曲线示于图6和图7。由图看出，低碳中氧样品 $A'_3$ 、 $A_8$ 和低碳高氧样品 $A_4$ 、 $A_5$ ，在退火过程中形成的施主很少；而高碳高氧样品 $B_6$ 、 $C_{13}$ 、 $B_8$ 、 $C_{12}$ 都形成了大量的施主，这种施主到1100℃才能消除，而且随退火的起始温度及碳含量的不同而有差别，碳含量越高、施主浓度越大。在600—1150℃退火过程中，施主的最大浓度出现在830—860℃；而400—1150℃退火，施主的最大浓度出现在900℃，下面以600—1150℃的实验结果加以说明和分析。

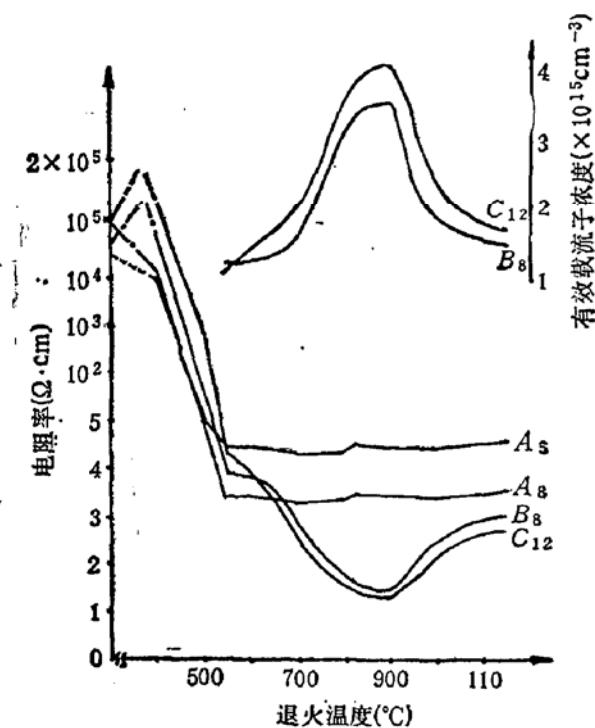


图7 从400—1150℃退火电阻率和有效载流子浓度随温度的变化

$$\begin{aligned} A'_3: \theta_i &= 9.6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}, C_s < 1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \\ A_8: \theta_i &= 1.39 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}, C_s < 1 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \\ B_8: \theta_i &= 1.29 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}, C_s = 8 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \\ C_{12}: \theta_i &= 1.20 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}, C_s = 2.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3} \end{aligned}$$

600—860℃累积退火产生的新施主为：

$$\begin{aligned} ND &= (2.255 - 0.520) \times 10^{15} \text{cm}^{-3} \\ &= 1.735 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}. \end{aligned}$$

由此可以看出，图6中 $C_{13}$ 的最大施主浓度，绝大部分是在累积退火中产生的新施主<sup>[9]</sup>，辐照过程中产生的施主，即辐照施主是很少的。在本实验采用的辐照条件下，辐照施主可以近似估算。在辐照以后，对同一种样品，辐照施主是一个常数。这个数值在辐照损伤恢复以后才能显示出来，在退火过程中，电阻率下降到目标电阻率，可以认为辐照损伤恢复，再稍高一点的温度处理，呈现的施主可以认为主要为辐照施主，根据图6，下降到目标电阻率的温度为650℃，675℃对应的有效载流子浓度为 $1.866 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ ，由此得：

$$\begin{aligned} RD &= (1.866 - 1.844) \times 10^{15} \text{cm}^{-3} \\ &= 2.2 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}. \end{aligned}$$

$C_{13}$ 的最大施主浓度中，包含的最大新施主浓度为：

表 3 样品数据一览表(括号内的样品为未辐照样品)

样品编号	原始数据		辐照样品 600—860°C		辐照样品 600—1150°C		辐照样品 860°C		未辐照样品 600—830°C	
	电阻率 $\Omega \cdot \text{cm}$	载流子浓度 $\times 10^{15} \text{cm}^{-3}$								
$A'_3(A_3)$	4.750	1.040	3.502	1.415	3.450	1.410			4.875	0.996
$A'_4(A'_4)$	6.921	0.669	4.546	1.113	4.656	1.052			7.070	0.661
$B'_6(B'_6)$	4.105	1.272	1.471	3.917	3.058	1.736			3.602	1.427
$C'_{13}(C'_{13})$	3.571	1.482	1.396	4.099	2.706	1.844			2.683	1.861
$C_{13}$	3.587	1.478					2.293	2.364		

$$\begin{aligned} ND_{\max} &= (2.255 - 0.022) \times 10^{15} \text{cm}^{-3} \\ &= 2.233 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}. \end{aligned}$$

即在累积退火中,新施主为辐照施主的100倍,在860°C二小时一次退火中,新施主为辐照施主的23倍。

未辐照样品经600—830°C2小时等时处理, $A_3$ 和 $A'_4$ 基本上没有产生新施主, $B'_6$ 和 $C'_{13}$ 产生的新施主分别为:

$$ND_{B'_6} = 1.55 \times 10^{14} \text{cm}^{-3},$$

$$ND_{C'_{13}} = 3.79 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}.$$

所以辐照样品在退火中,相同的温度和时间内,产生的新施主为未辐照样品的近6倍。辐照样品在退火过程中之所以快速形成新施主,是因为辐照样品存在着大量的点缺陷及其缺陷-杂质复合体,特别是碳,由于辐照损伤,碳原子处于弱束缚状态,容易形成间隙碳,所以对新施主的形成有着更为强烈的作用。

综上所述,由图7、图5、图4和图3等看出,CZNTD Si 在退火中的缺陷-杂质复合体的形成、演变与消失、氧碳随退火温度的变化和新施主的形成有相应的关系。低碳样品 $A_1$ ,从400—1100°C处理,氧基本上没有沉淀,而600°C处理,各种氧-空位复合体全部消除,根据氧的变化,说明这种复合体不是聚合和演变,而是解体,因此形成的新施主也比较少。高碳高氧样品 $C_{10}$ ,随着温度的变化,缺陷-杂质复合体发生聚合和演变,700°C退火仍然不能消除,850°C退火,这些缺陷-杂质复合体虽然从红外谱线上消失,由氧碳的快速沉淀及大量新施主的产生,说明缺陷-杂质复合体发生了转化,并与新施主的形成相联系。900°C处理,氧碳下降到最低值,而施主达到最大值,由此看出,缺陷-杂质复合体-氧碳沉淀-新施主的形成有着紧密的联系,与低碳样品相比,可以明显地看出,碳在这种联系中起了很重要的作用,根据以前的研究<sup>④</sup>,超过900°C退火,随着施主的消失,氧碳的大量沉淀,必然导致大量的体层错,各种复杂的位错环, SiC 沉淀及滑移位错的产生。

#### 四、结 论

1. CZNTD Si 在1100°C高温退火中,与未辐照的样品相比,氧可以同质成核加快氧沉淀。这种氧沉淀与碳含量无关,只与氧含量有关。

2. 在辐照过程中,低碳中氧样品,只形成  $11.98\text{ }\mu\text{m}$  的氧-空位复合体,即 A-中心。高碳高氧样品,除形成 A-中心外,还形成了明显的  $11.55\text{ }\mu\text{m}$  和  $13.6\text{ }\mu\text{m}$  的吸收带。特别是  $11.55\text{ }\mu\text{m}$  的吸收带随碳含量的增高吸收系数增大。

3.  $400-1100^\circ\text{C}$  的等时退火中,低碳中氧样品,到  $600^\circ\text{C}$  退火,全部吸收带消除。而且在以后的退火中,氧基本上恢复到原始值,这表明各种氧-空位复合体没有聚合和演变而是发生了解体;高碳高氧样品,到  $700^\circ\text{C}$  退火,仍保留明显的四个吸收带,  $850^\circ\text{C}$  退火才消除,同时引起了氧碳对应的快速沉淀,这说明缺陷-杂质复合体不是解体,而是发生了聚合和转化。

4. CZNTD Si 在退火中呈现的施主,主要是新施主,辐照施主很少。碳含量对新施主的形成有着强烈的促进作用<sup>[9]</sup>。低碳中、高氧样品形成的新施主约为  $10^{12}-6 \times 10^{13}\text{ cm}^{-3}$ ;而高碳高氧样品形成的新施主大于  $2 \times 10^{15}\text{ cm}^{-3}$ 。与未辐照样品相比,在同样的温度和时间的条件下,新施主的形成速率为未辐照样品的六倍,而且这种新施主的形成与缺陷-杂质复合体的聚合、演变及氧碳的快速沉淀有对应的关系。

参加本工作的人还有郑洪震、胡传贤、谢重木、崔玉清、谢淑萍等。

### 参 考 文 献

- [1] R. N. Thomas *et al.*, *J. Appl. Phys.*, **49**, 2811 (1978).
- [2] V. N. Mordkovich *et al.*, *Sov. Phys. Semicond.*, **8** (1) July. (1974).
- [3] J. W. Corbett *et al.*, *Phys. Rev.*, **121** (4), 1015 (1961).
- [4] A. K. Ramdas *et al.*, *Phys Rev.*, **142**, 451 (1966).
- [5] R. C. Newman *et al.*, *J. Phys. Chem.*, **8**, 3944 (1973).
- [6] Noboru Fukuoka *Radiation Effects*. Vol 51, 215 (1980).
- [7] 何秀坤、李光平,半导体学报 **12**(1), 58(1991).
- [8] 张一心等,半导体学报 **5**(1), 16(1984).
- [9] 林兰英 王占国等,材料科学进展, **2**, 4, 56(1988).

## Influence of Oxygen and Carbon in CZNTD Silicon on Behavior of Defect-Impurity Complex

Zhang Yixin Li Chaoyong

(Institute of semiconductors Chinese Academy of Sciences)

Li Guangping He Xiukun

(The 46th institute of Mechanics and electronic industry department)

Lu Cungang

(Atomic Academy of Sciences)

Li Zuhua

(The 605th factory Beijing)

### Abstract

The annealing behavior of oxygen carbon and defect-impurity complex in CZNTD silicon is studied. The relationships between donors and the formation as well as development of defect-impurity complex in irradiation and annealing are investigated. The results show that the irradiation donor density is very low, the new donors are formed during annealing, and carbon enhances the formation of the new donors significantly.

PACC: 6180H, 6170W