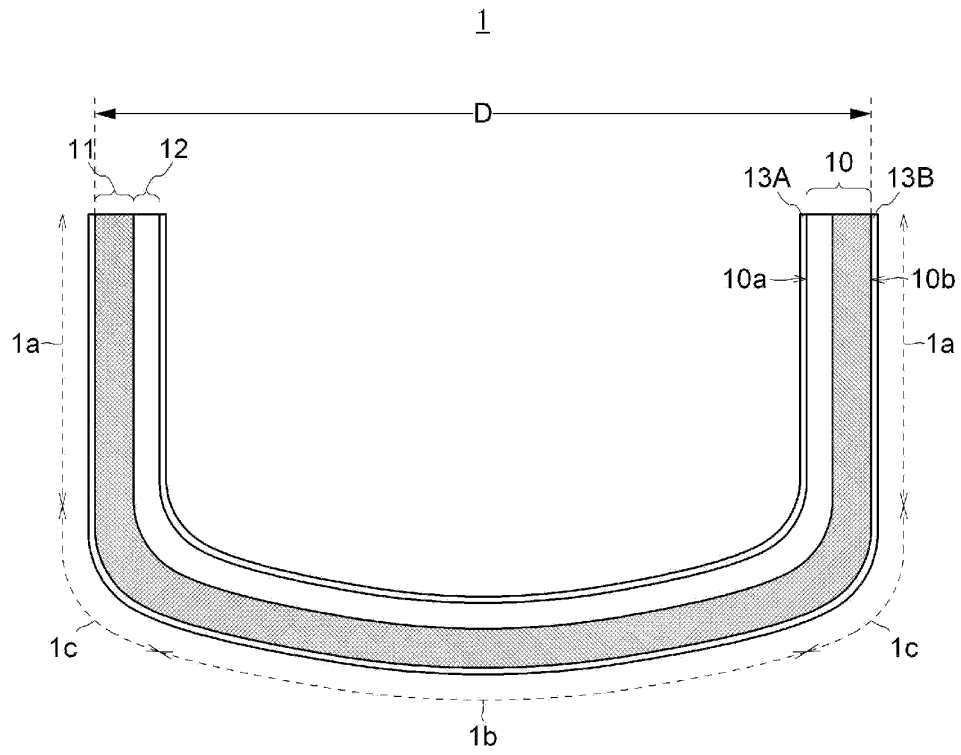
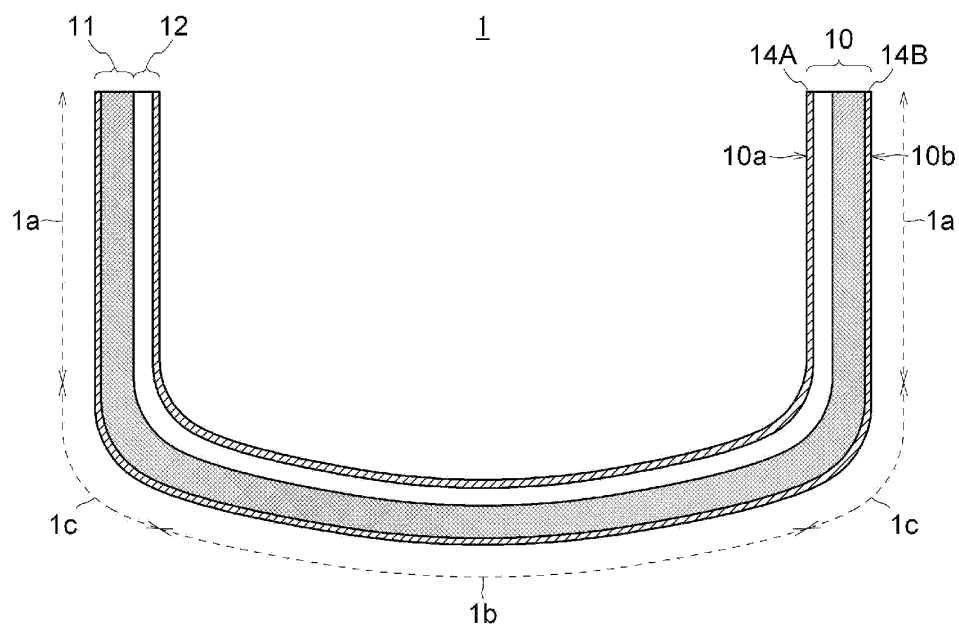


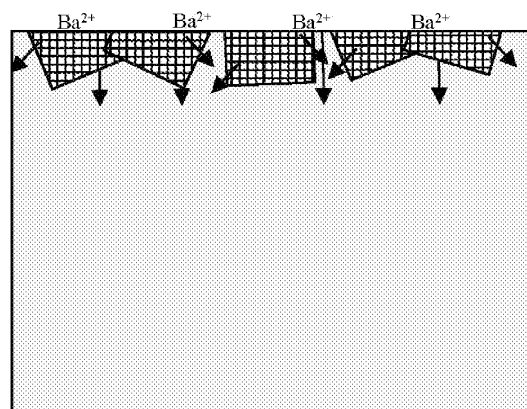
[図1]



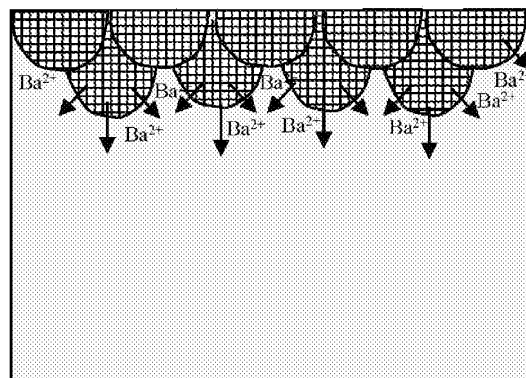
[図2]



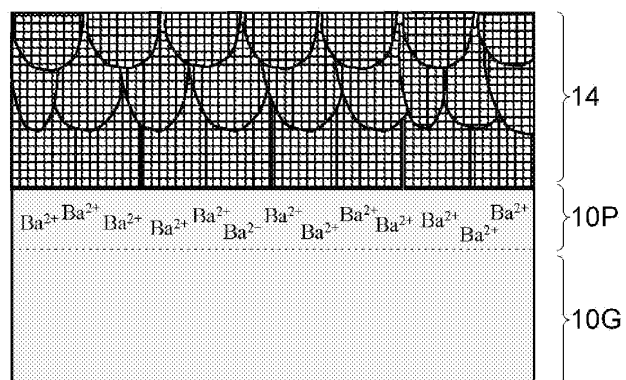
[図3]



(a)



(b)

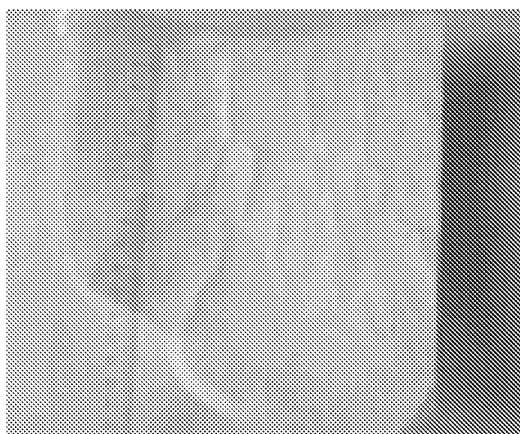


(c)

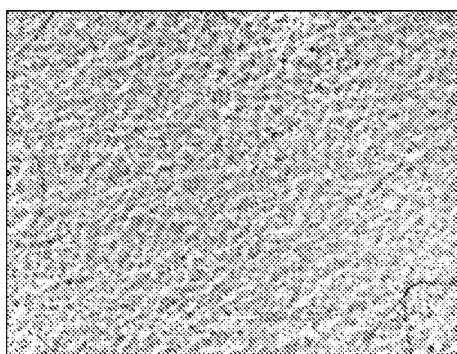
ルツボ外表面



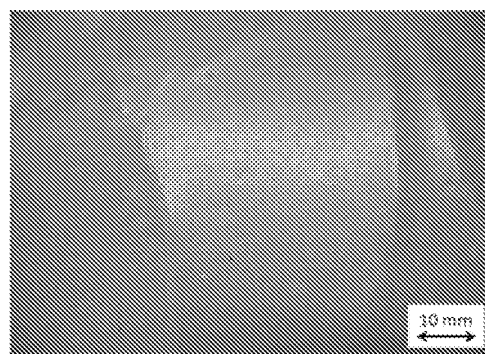
[図5]



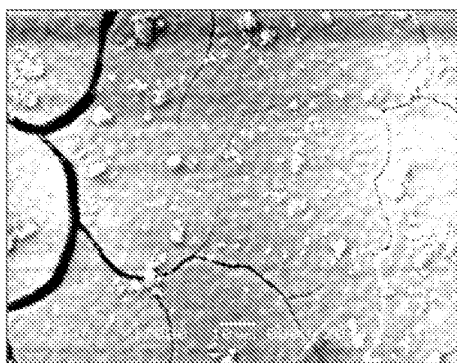
(a)



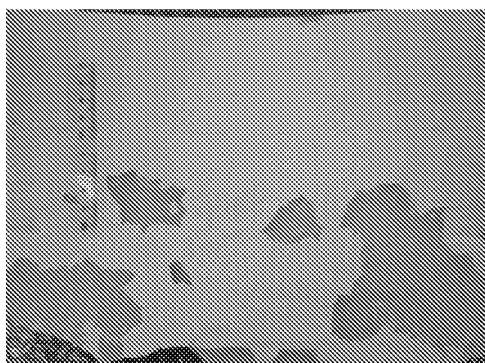
(b)



(c)

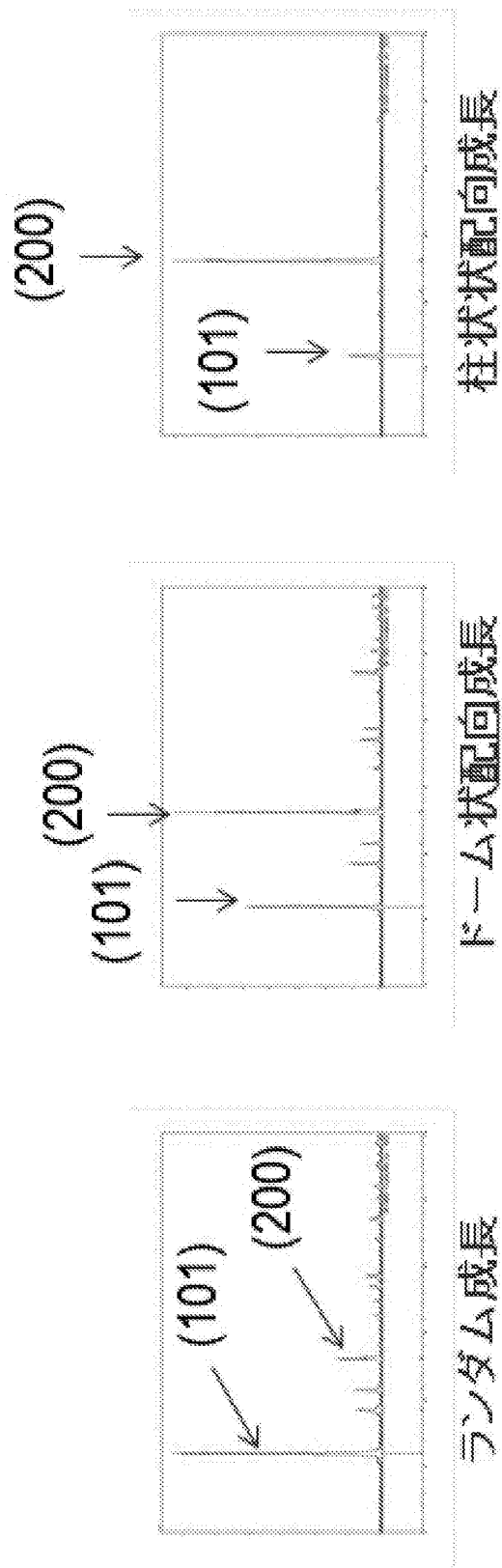


(d)



(e)

[図6]



(a)

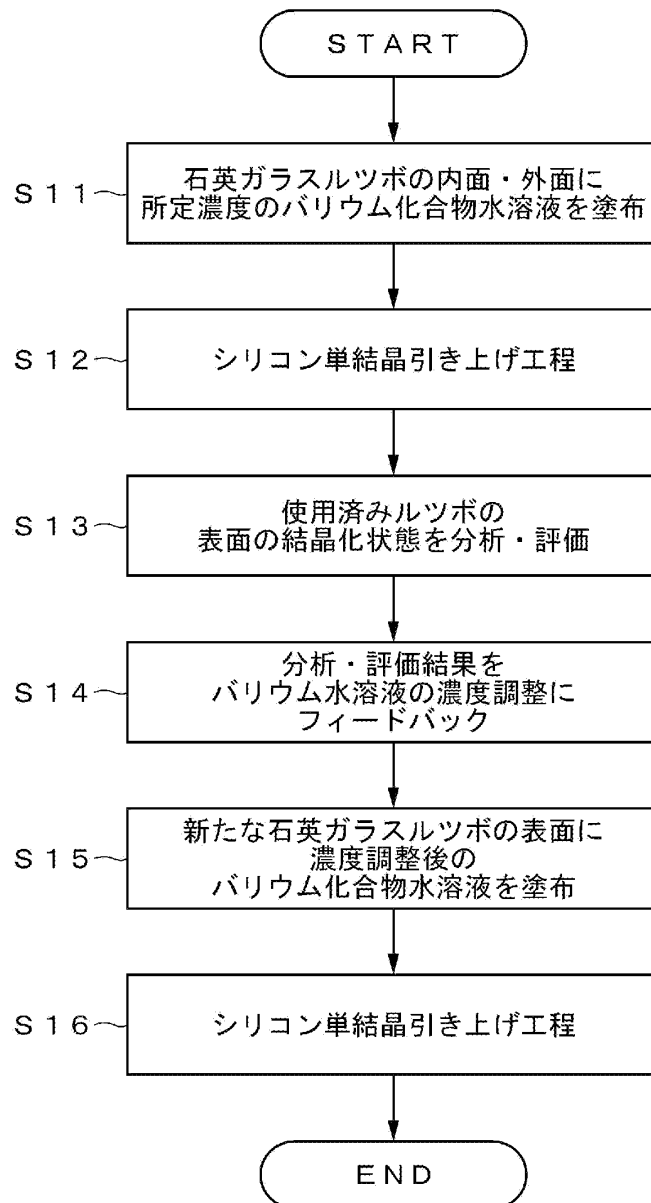
(b)

(c)

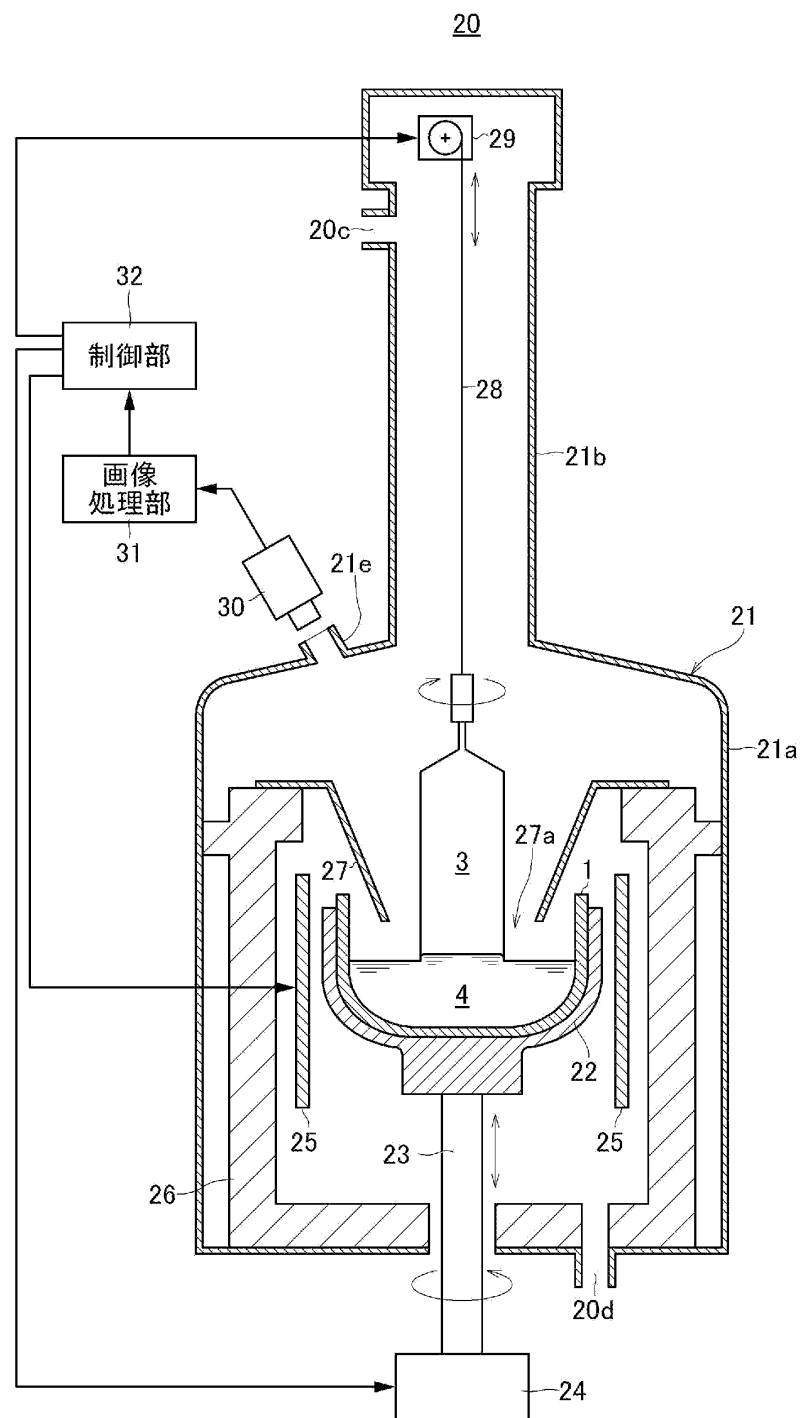
[図7]

| 結晶<br>構造                  | ルツボ |    |    |    |    |    |
|---------------------------|-----|----|----|----|----|----|
|                           | 内面  |    |    | 外面 |    |    |
|                           | W部  | R部 | B部 | W部 | R部 | B部 |
| ランダム<br>(7.0以上)           | ×   | ×  | ×  | ×  | ×  | ×  |
| ドーム状<br>(0.4以上～<br>7.0未満) | ◎   | ○  | ○  | ◎  | ◎  | ◎  |
| 柱状<br>(0.4未満)             |     | ◎  | ◎  | ○  | ○  | ○  |

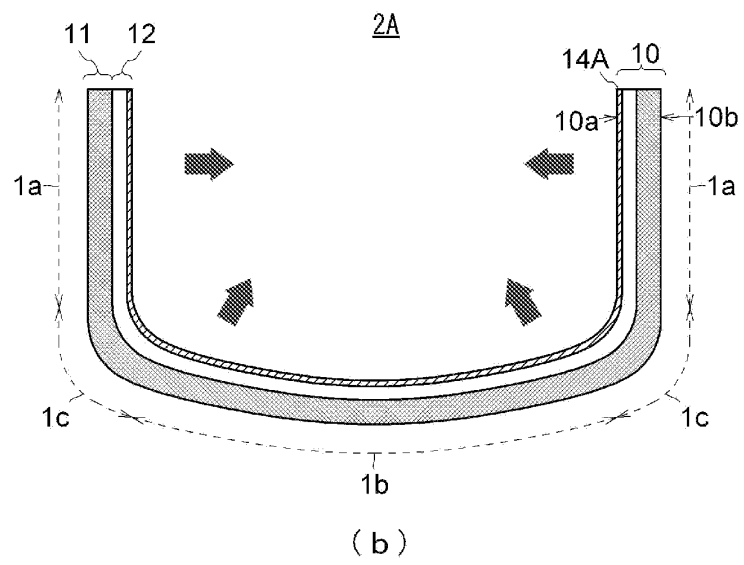
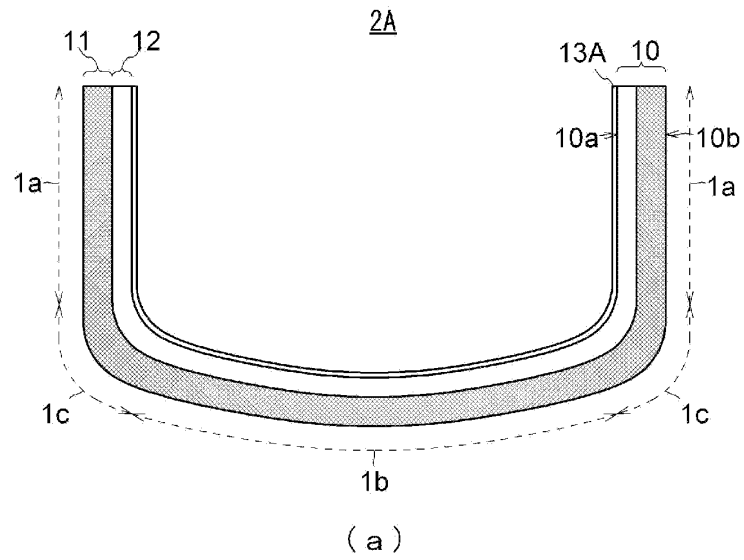
[図8]



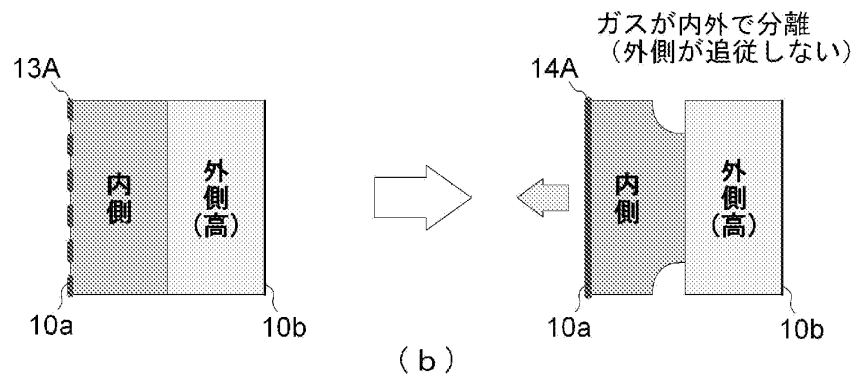
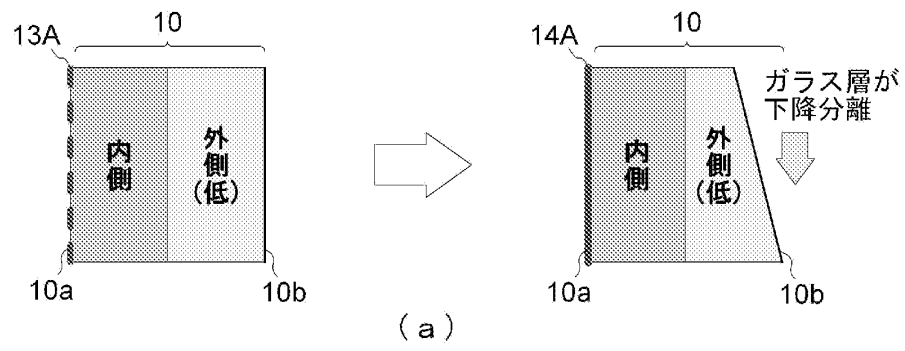
[図9]



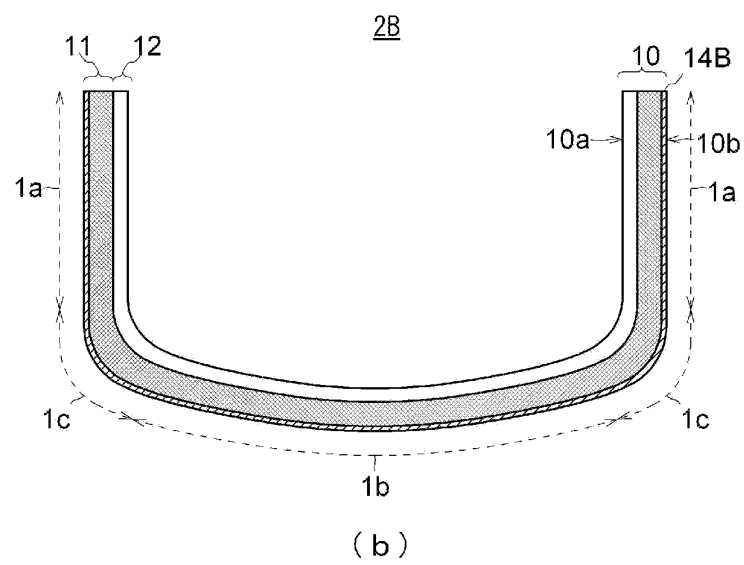
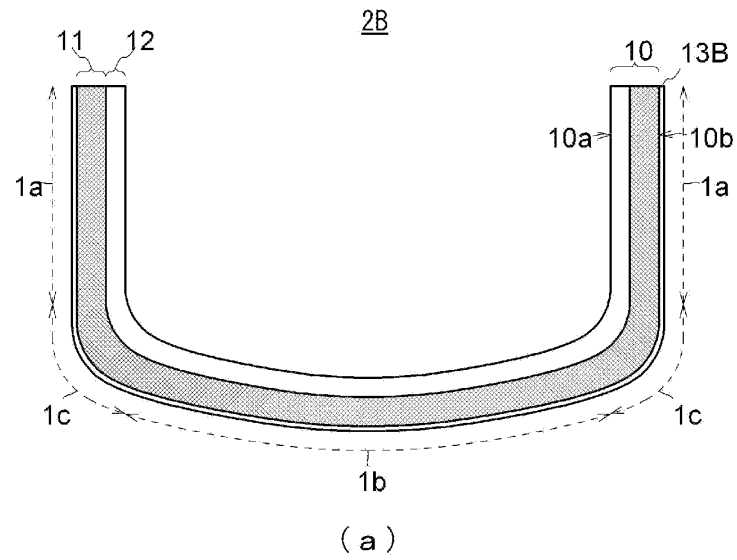
[図10]



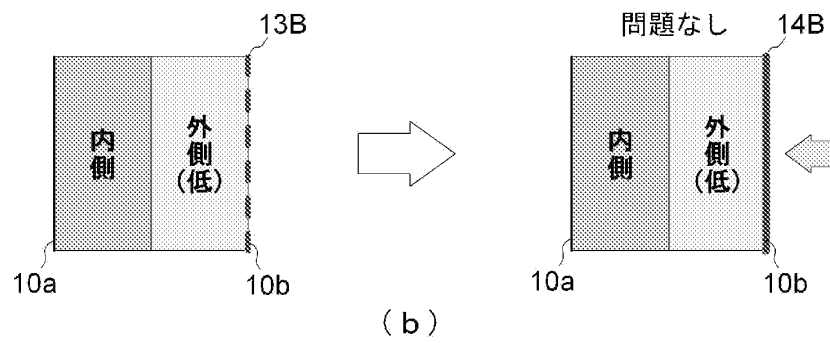
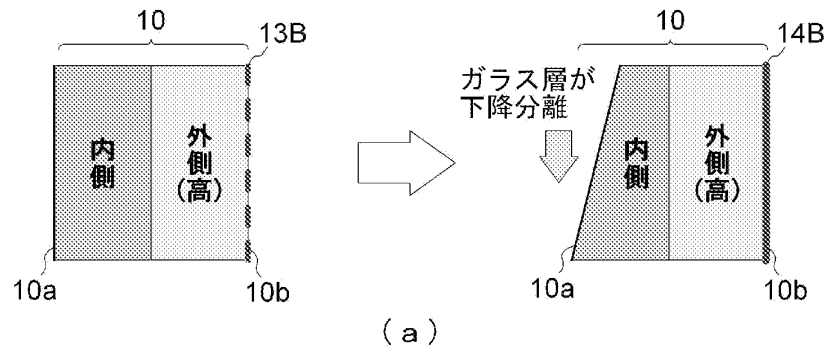
[図11]



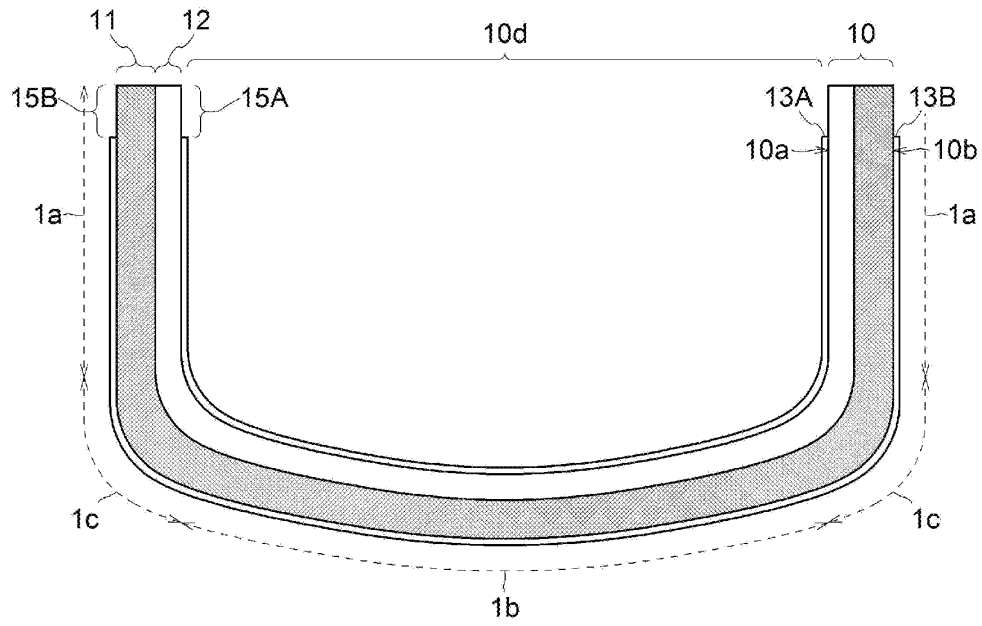
[図12]



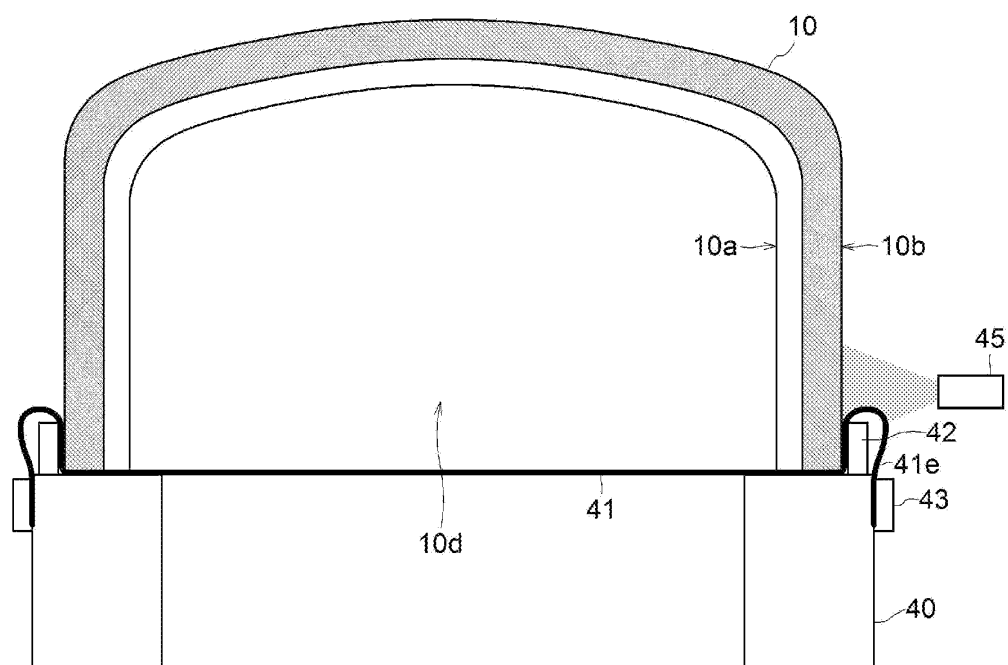
[図13]



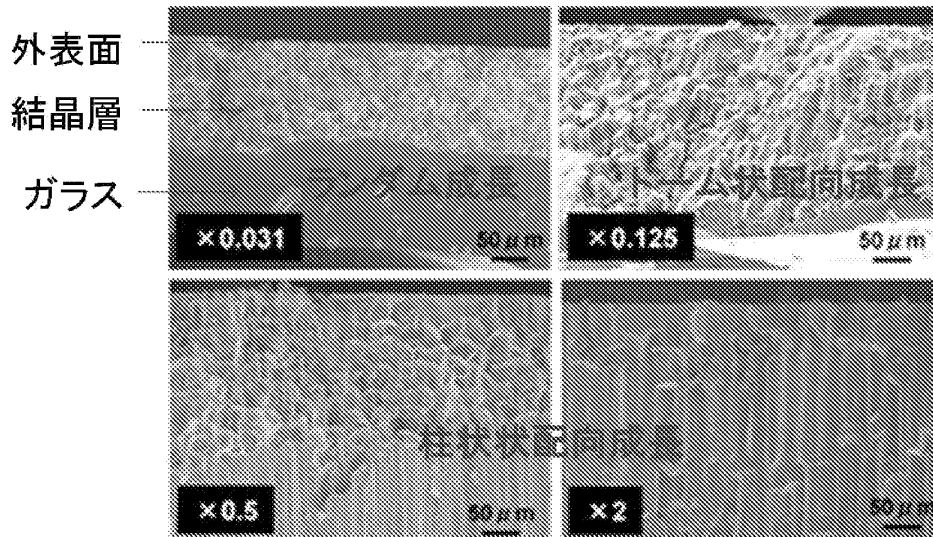
[図14]

5

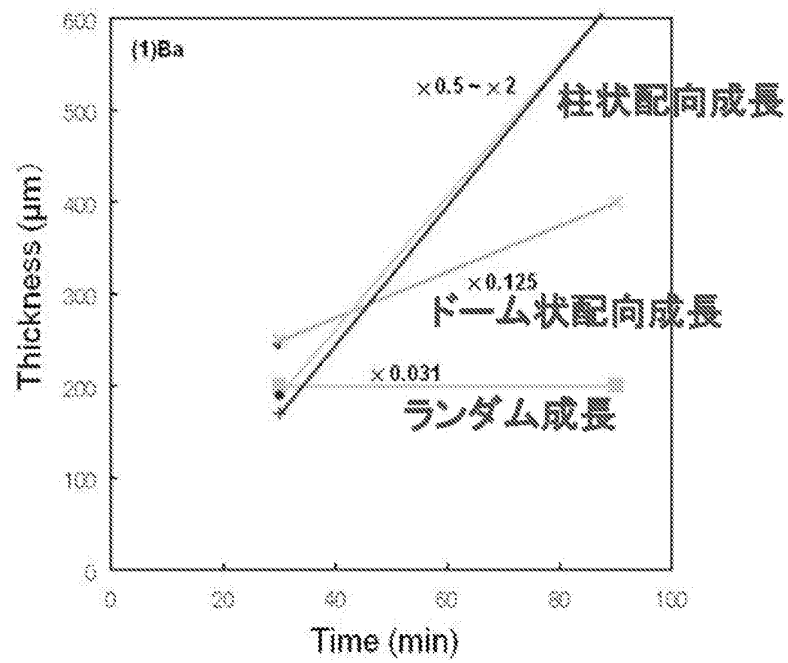
[図15]



[図16]

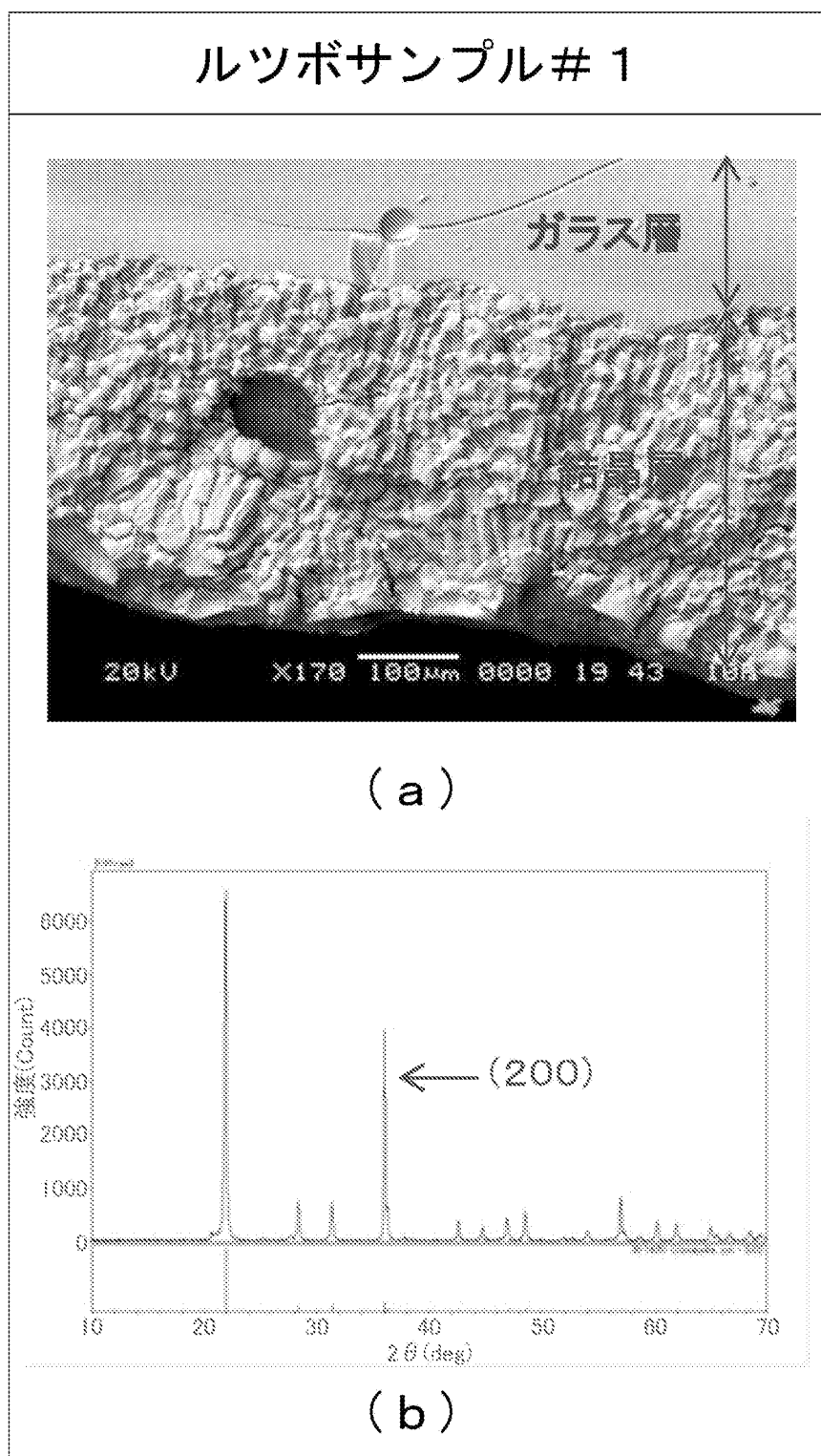


(a)



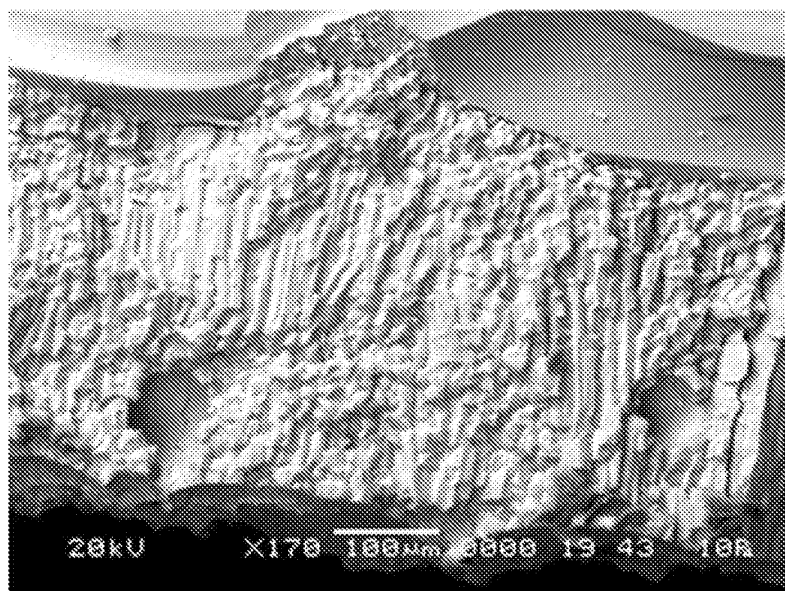
(b)

[図17]

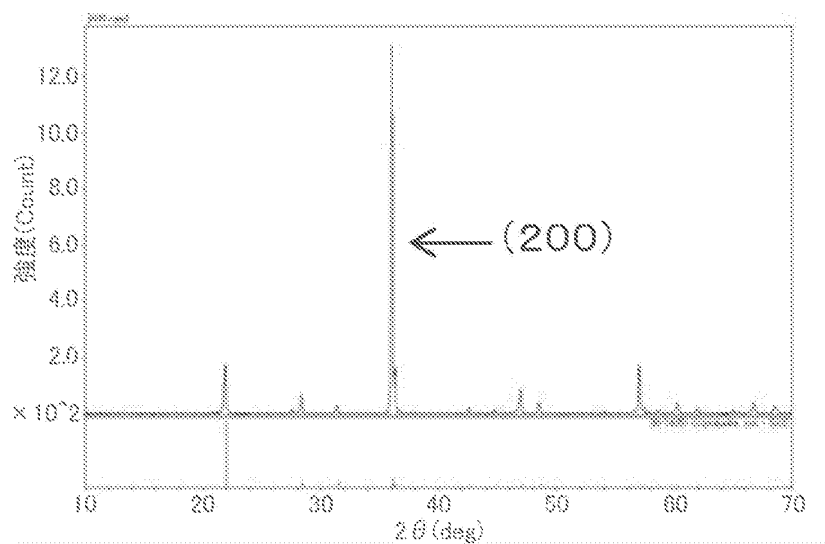


[図18]

## ルツボサンプル# 2



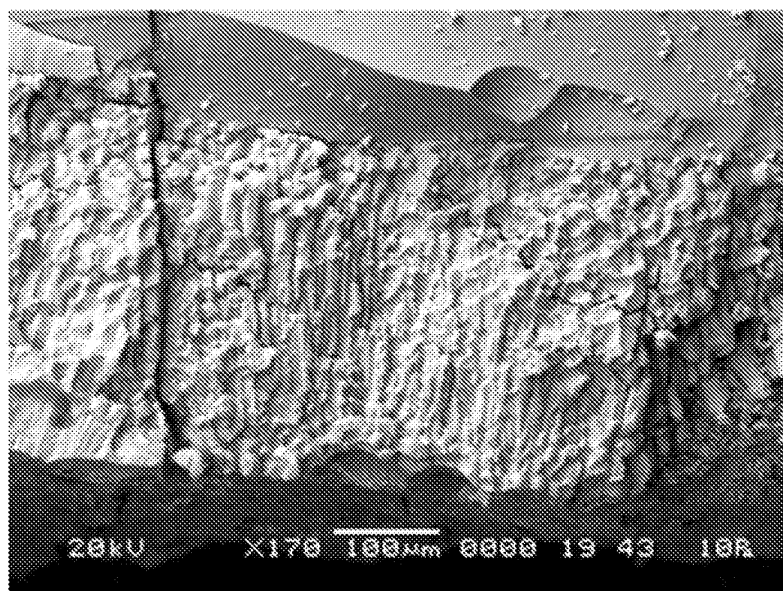
(a)



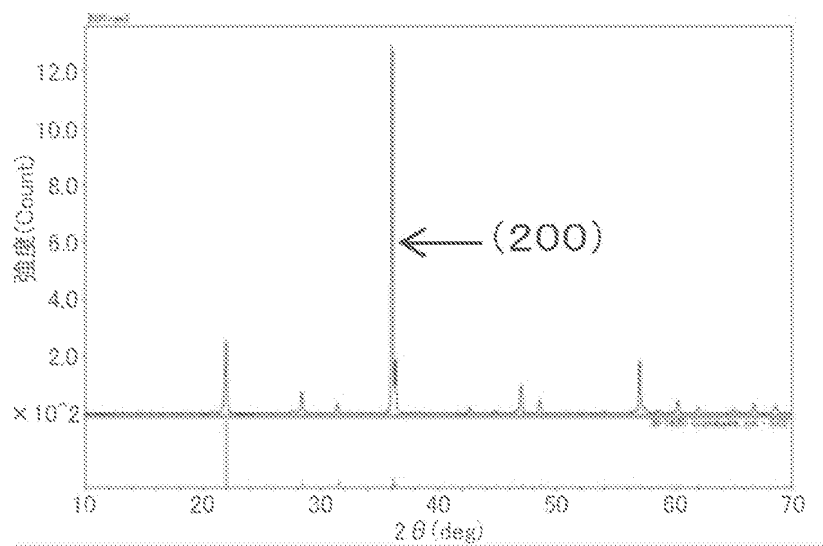
(b)

[図19]

## ルツボサンプル# 3



(a)



(b)

[図20]

| サンプル                                      | X1            | X2            | X3            | X4            | X5          | X6            |
|-------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| 結晶層位置                                     | 内面＋<br>外面     | 内面＋<br>外面     | 内面＋<br>外面     | 内面＋<br>外面     | 内面＋<br>外面   | 内面＋<br>外面     |
| 内面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 1.0E17        | 8.0E15        | 1.0E17        | 8.0E15        | 2.4E17      | 6.0E15        |
| 内面結晶配向                                    | ドーム状<br>＋柱状   | ドーム状          | ドーム状<br>＋柱状   | ドーム状          | ドーム状<br>＋柱状 | ドーム状          |
| 内側結晶層厚<br>勾配                              | 0.8～1.2       | 0.8～1.2       | 0.8～1.2       | 0.8～1.2       | 0.8～1.2     | 0.8～1.2       |
| 内面Ba濃度<br>勾配                              | 70～130%       | 70～130%       | 70～130%       | 70～130%       | 70～130%     | 70～130%       |
| 内面Ba濃縮<br>層厚                              | 6um           | 6um           | 6um           | 6um           | 7um         | 5um           |
| 外面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 8.0E15        | 8.0E15        | 8.0E15        | 8.0E15        | 8.0E15      | 3.0E16        |
| 外面結晶配向                                    | ドーム状          | ドーム状          | ドーム状          | ドーム状          | ドーム状        | ドーム状          |
| 外側結晶層厚<br>勾配                              | 0.8～1.2       | 0.8～1.2       | 0.8～1.2       | 0.8～1.2       | 0.8～1.2     | 0.8～1.2       |
| 外面Ba濃度<br>勾配                              | 70～130%       | 70～130%       | 70～130%       | 70～130%       | 70～130%     | 70～130%       |
| 外面Ba濃縮<br>層厚                              | 6um           | 6um           | 6um           | 6um           | 6um         | 6um           |
| 結晶層厚比<br>(内面/外面)                          | 4.5           | 0.6           | 1.5           | 1.2           | 2.5         | 0.6           |
| 塗布膜<br>Ba濃度比<br>(内面/外面)                   | 12.5          | 1             | 12.5          | 1             | 30          | 0.2           |
| ガラス粘度比                                    | 内側/外側<br>=0.8 | 内側/外側<br>=2.0 | 内側/外側<br>=6.5 | 内側/外側<br>=0.1 | 内側/外側<br>=2 | 内側/外側<br>=0.8 |
| ルツボ変形                                     | 変形なし          | 変形なし          | 変形なし          | 変形なし          | 変形なし        | 変形なし          |
| 皺・クラックの<br>有無                             | 皺なし           | 皺なし           | 皺なし           | 皺なし           | 皺なし         | 皺なし           |
| 剥離                                        | 剥離なし          | 剥離なし          | 剥離なし          | 剥離なし          | 剥離なし        | 剥離なし          |
| 単結晶<br>歩留まり                               | 89%           | 88%           | 86%           | 87%           | 85%         | 85%           |

[図21]

| サンプル                                      | X7                   | X8                   | X9                   | X10                    | X11                    |
|-------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| 結晶層位置                                     | 内面＋<br>外面            | 内面＋<br>外面            | 内面＋<br>外面            | 内面＋<br>外面              | 内面＋<br>外面              |
| 内面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 1.0E17               | 1.0E17               | 2.4E17               | 2.4E17                 | 8.0E15                 |
| 内面結晶配向                                    | ドーム状<br>＋柱状          | ドーム状<br>＋柱状          | ドーム状<br>＋柱状          | ドーム状<br>＋柱状            | ドーム状                   |
| 内側結晶層厚<br>勾配                              | 0.2となる<br>箇所あり       | 0.2となる<br>箇所あり       | 0.2となる<br>箇所あり       | 0.8～1.2                | 0.8～1.2                |
| 内面Ba濃度<br>勾配                              | 30%となる<br>箇所あり       | 30%となる<br>箇所あり       | 30%となる<br>箇所あり       | 70～130%                | 70～130%                |
| 内面Ba濃縮<br>層厚                              | 6um                  | 6um                  | 7um                  | 7um                    | 6um                    |
| 外面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 8.0E15               | 8.0E15               | 8.0E15               | 8.0E15                 | 1.0E17                 |
| 外面結晶配向                                    | ドーム状                 | ドーム状                 | ドーム状                 | ドーム状                   | ドーム状<br>＋柱状            |
| 外側結晶層厚<br>勾配                              | 0.2となる<br>箇所あり       | 0.2となる<br>箇所あり       | 0.2となる<br>箇所あり       | 0.8～1.2                | 0.8～1.2                |
| 外面Ba濃度<br>勾配                              | 30%となる<br>箇所あり       | 30%となる<br>箇所あり       | 30%となる<br>箇所あり       | 70～130%                | 70～130%                |
| 外面Ba濃縮<br>層厚                              | 6um                  | 6um                  | 6um                  | 6um                    | 6um                    |
| 結晶層厚比<br>(内面/外面)                          | 4.5                  | 1.5                  | 4                    | 6.5                    | 0.1                    |
| 塗布膜<br>Ba濃度比<br>(内面/外面)                   | 12.5                 | 12.5                 | 30                   | 30                     | 0.08                   |
| ガラス粘度比                                    | 内側/外側<br>=0.8        | 内側/外側<br>=6.5        | 内側/外側<br>=2          | 内側/外側<br>=7.5          | 内側/外側<br>=0.1          |
| ルツボ変形                                     | 変形なし                 | 変形なし                 | 変形なし                 | 変形なし                   | 変形なし                   |
| 皺・クラックの<br>有無                             | 皺若干あ<br>り、クラッ<br>クなし | 皺若干あ<br>り、クラッ<br>クなし | 皺若干あ<br>り、クラッ<br>クなし | 内側皺若<br>干あり、ク<br>ラックなし | 外側皺若<br>干あり、ク<br>ラックなし |
| 剥離                                        | 剥離なし                 | 剥離なし                 | 剥離なし                 | 剥離なし                   | 剥離なし                   |
| 単結晶<br>歩留まり                               | 81%                  | 79%                  | 80%                  | 80%                    | 86%                    |

[図22]

| サンプル                                      | X12           | X13           | X14           | X15          | X16            | X17           | X18           |
|-------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------|---------------|---------------|
| 結晶層位置                                     | 内面のみ          | 内面のみ          | 内面のみ          | 内面のみ         | 内面のみ           | 内面のみ          | 内面のみ          |
| 内面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 1.0E17        | 1.0E17        | 1.0E17        | 1.0E17       | 1.0E17         | 4.0E17        | 8.0E17        |
| 内面結晶配向                                    | ドーム状<br>+柱状   | ドーム状<br>+柱状   | ドーム状<br>+柱状   | ドーム状<br>+柱状  | ドーム状<br>+柱状    | ドーム状<br>+柱状   | ドーム状<br>+柱状   |
| 内側結晶層厚<br>勾配                              | 0.8~1.2       | 0.8~1.2       | 0.8~1.2       | 0.8~1.2      | 0.2となる<br>箇所あり | 0.8~1.2       | 0.8~1.2       |
| 内面Ba濃度<br>勾配                              | 70~130%       | 70~130%       | 70~130%       | 70~130%      | 30%となる<br>箇所あり | 70~130%       | 70~130%       |
| 内面Ba濃縮<br>層厚                              | 0.6um         | 18um          | 6um           | 6um          | 6um            | 30um          | 80um          |
| 外面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) |               |               |               |              |                |               |               |
| 外面結晶配向                                    |               |               |               |              |                |               |               |
| 外面結晶層厚<br>勾配                              |               |               |               |              |                |               |               |
| 外面Ba濃度<br>勾配                              |               |               |               |              |                |               |               |
| 外面Ba濃縮<br>層厚                              |               |               |               |              |                |               |               |
| ガラス粘度比                                    | 外側/内側<br>=3.0 | 外側/内側<br>=3.0 | 外側/内側<br>=0.3 | 外側/内側<br>=12 | 外側/内側<br>=3.0  | 外側/内側<br>=3.0 | 外側/内側<br>=3.0 |
| ルツボ変形                                     | 変形なし          | 変形なし          | 変形若干<br>あり    | 変形若干<br>あり   | 変形なし           | 変形なし          | 変形なし          |
| 皺・クラックの<br>有無                             | 皺なし           | 皺なし           | 皺なし           | 皺なし          | 皺若干あり、クラックなし   | 皺若干あり、クラックなし  | 皺あり、クラックあり    |
| 剥離                                        | 剥離なし          | 剥離なし          | 剥離なし          | 剥離なし         | 剥離なし           | 剥離なし          | 剥離なし          |
| 単結晶<br>歩留まり                               | 89%           | 93%           | 81%           | 81%          | 80%            | 83%           | 72%           |

[図23]

| サンプル                                      | X19           | X20           | X21           | X22              | X23              | X24            |
|-------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|----------------|
| 結晶層位置                                     | 外面のみ          | 外面のみ          | 外面のみ          | 外面のみ             | 外面のみ             | 外面のみ           |
| 内面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) |               |               |               |                  |                  |                |
| 内面結晶配向                                    |               |               |               |                  |                  |                |
| 内側結晶層厚<br>勾配                              |               |               |               |                  |                  |                |
| 内面Ba濃度<br>勾配                              |               |               |               |                  |                  |                |
| 内面Ba濃縮<br>層厚                              |               |               |               |                  |                  |                |
| 外面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 8.0E15        | 8.0E15        | 8.0E15        | 8.0E15           | 4.0E17           | 8.0E17         |
| 外面結晶配向                                    | ドーム状          | ドーム状          | ドーム状          | ドーム状             | ドーム状<br>+柱状      | ドーム状<br>+柱状    |
| 外面結晶層厚<br>勾配                              | 0.8~1.2       | 0.8~1.2       | 0.8~1.2       | 0.2となる<br>箇所あり   | 0.8~1.2          | 0.8~1.2        |
| 外面Ba濃度<br>勾配                              | 70~130%       | 70~130%       | 70~130%       | 30%となる<br>箇所あり   | 70~130%          | 70~130%        |
| 外面Ba濃縮<br>層厚                              | 0.6um         | 18um          | 6um           | 6um              | 50um             | 80um           |
| ガラス粘度比                                    | 内側/外側<br>=2.0 | 内側/外側<br>=2.0 | 内側/外側<br>=0.3 | 内側/外側<br>=2.0    | 内側/外側<br>=2.0    | 外側/内側<br>=3.0  |
| ルツボ変形                                     | 変形なし          | 変形なし          | 変形若干<br>あり    | 変形なし             | 変形なし             | 若干変形           |
| 皺・クラックの<br>有無                             | 皺なし           | 皺なし           | 皺なし           | 皺若干あり、<br>クラックなし | 皺若干あり、<br>クラックなし | 皺あり、ク<br>ラックあり |
| 剥離                                        | 剥離なし          | 剥離なし          | 剥離なし          | 剥離なし             | 剥離なし             | 剥離なし           |
| 単結晶<br>歩留まり                               | 88%           | 93%           | 80%           | 79%              | 88%              | 72%            |

[図24]

| サンプル                                      | Y1             | Y2             | Y3            | Y4             | Y5            | Y6             |
|-------------------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 結晶層位置                                     | 内面＋<br>外面      | 内面＋<br>外面      | 内面<br>のみ      | 内面<br>のみ       | 外面<br>のみ      | 外面<br>のみ       |
| 内面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 3.0E15         | 1.0E14         | 1.0E14        | 1.0E14         |               |                |
| 内面結晶配向                                    | ランダム           | ランダム           | ランダム          | ランダム           |               |                |
| 内側結晶層厚<br>勾配                              | 0.2となる<br>箇所あり | 0.2となる<br>箇所あり | 0.5～1.5       | 0.2となる<br>箇所あり |               |                |
| 内面Ba濃度<br>勾配                              | 30%となる<br>箇所あり | 30%となる<br>箇所あり | 40～150%       | 30%となる<br>箇所あり |               |                |
| 内面Ba濃縮<br>層厚                              | 検出限界<br>以下     | 検出限界<br>以下     | 検出限界<br>以下    | 検出限界<br>以下     |               |                |
| 外面塗布膜<br>Ba濃度<br>(atoms/cm <sup>2</sup> ) | 1.0E14         | 1.0E15         |               |                | 1.0E14        | 1.0E14         |
| 外面結晶配向                                    | ランダム           | ランダム           |               |                | ランダム          | ランダム           |
| 外側結晶層厚<br>勾配                              | 0.2となる<br>箇所あり | 0.2となる<br>箇所あり |               |                | 0.8～1.2       | 0.2となる<br>箇所あり |
| 外面Ba濃度<br>勾配                              | 30%となる<br>箇所あり | 30%となる<br>箇所あり |               |                | 70～130%       | 30%となる<br>箇所あり |
| 外面Ba濃縮<br>層厚                              | 検出限界<br>以下     | 検出限界<br>以下     |               |                | 検出限界<br>以下    | 検出限界<br>以下     |
| 結晶層厚比<br>(内面/外面)                          | 6.5            | 0.1            |               |                |               |                |
| 塗布膜<br>Ba濃度比<br>(内面/外面)                   | 30             | 0.1            |               |                |               |                |
| ガラス粘度比                                    | 内側/外側<br>=30   | 内側/外側<br>=0.1  | 外側/内側<br>=3.0 | 外側/内側<br>=12   | 外側/内側<br>=3.0 | 内側/外側<br>=0.3  |
| ルツボ変形                                     | 変形あり           | 変形あり           | 変形あり          | 変形あり           | 変形あり          | 変形あり           |
| 皺・クラックの<br>有無                             | 皺あり、ク<br>ラックあり | 皺あり、ク<br>ラックあり | 皺なし           | 皺あり、ク<br>ラックあり | 皺なし           | 皺あり、ク<br>ラックあり |
| 剥離                                        | 剥離あり           | 剥離あり           | 剥離なし          | 剥離あり           | 剥離なし          | 剥離あり           |
| 単結晶<br>歩留まり                               | 53%            | 53%            | 59%           | 48%            | 60%           | 49%            |