

12inch 단결정 성장을 위한 magnet 설계에 관한 연구

최석진, 심기덕*, 진홍범*, 한호환, 김경한, 이상진**, 이봉근
주)덕성, 한국전기연구원*, 위덕대학교**

The study of magnet design for 12inch single crystal growing

S.J. Choi, K.D. Sim*, H.B. Jin*, H.H. Han, K.H. Kim, S.J. Lee**, B.G. Lee
Duksung Co Ltd, Korea ElectroTechnology Research Institute*, Uiduk University**

Abstract - 실리콘 웨이퍼 성장에 유리한 수평자장형 마그네트에는 saddle type, cylinder type 등 여러 가지 종류가 있다. 이러한 종류의 마그네트를 사양을 바꿔 가며 균일도, 중심자장, 권선에 사용되는 선재량 등을 비교하였다. 해석 tool은 'opera-3d'을 사용하였으며, 기본적인 사양은 실제 system에서 요구되는 수치를 토대로 결정하였다. 본 연구를 토대로 12inch 단결정 성장을 위한 마그네트 종류와 사양 그리고 cryostat의 기본적인 크기와 두께를 결정하게 되었다.

도록 내경, 외경, 높이를 정하였다.

2.2 해석

각 type의 마그네트에 대해 각도와 위치를 바꿔가며 해석하였고, 이렇게 결정된 3가지의 마그네트를 비교하여 8inch 웨이퍼 성장에 가장 적합한 마그네트를 결정하도록 하였다.

마그네트의 결정은

1. 전류당 중심자장
2. 권선에 필요한 선재량
3. 중심에서 반경 300mm에서 균일도를 고려하여 결정하게 된다.

실제 제작을 위해 마그네트 형태를 결정하려면 다른 요인도 고려해야 한다. 예를 들어, saddle type은 cylinder type에 비해 상당히 제작이 힘들다. 또한, cylinder 형태의 경우 saddle type에 비해 지나치게 높아지는 단점을 가지고 있다. 그러나 제작의 어려움의 경우 수치상으로 나타내기 힘들기 때문에 수치상 쉽게 나타낼 수 있고 가장 마그네트 결정에 크게 고려해야 할 위 세 가지를 가지고 마그네트를 결정하였다.

1. 서 론

단결정 성장에 사용되는 마그네트는 상전도 마그네트와 초전도 마그네트로 구별되며, 현재까지는 상전도 방식의 마그네트가 주로 사용되어 왔다. 자장 방향에 있어서는 수평자장형, 수직자장형 그리고, CUSP 형이 있으며 현재 8inch 웨이퍼 성장에는 CUSP형이 많이 사용되고 있다. 그러나, 12inch 웨이퍼 성장에는 상전도로서는 도달키 어려운 고자장이 요구되며, 자장방향은 수평자장이 가장 효과적인 것으로 평가되고 있다. 따라서, 마그네트는 수평자장형 초전도 type이 되어야 한다.

본 논문에서는 수평자장형 초전도 type의 여러 가지 magnet을 설계하고, 그 설계된 magnet을 서로 비교함으로써, 실제 system에 사용할 magnet 종류와 사양을 결정하였다.

2.2.1 두 개의 saddle type

2. 본 론

2.1 마그네트의 종류와 사양

수평 자장형 마그네트의 종류는 다음과 같이 크게 3가지로 볼 수 있다.

1. 두 개의 saddle type
2. 네 개의 saddle type
3. 네 개의 cylinder type

이러한 3가지 종류의 수평 자장형 마그네트는 표 1과 같은 사양을 가지게 된다. 실제 8inch 실리콘 웨이퍼 성장에 사용되는 조건을 고려하여 마그네트의 사양을 결정하였다.

운전전류는 200A로 하였으며, 권선 turn 수는 세가지 type 모두 4800turn으로 하였고, 선재는 편각선(0.83 × 1.28)으로 하였다. 네 개의 cylinder type의 경우 12inch 단결정 성장에 필요한 중심자장 0.5T에 근접하

표 1 마그네트 사양

	two saddle type	four saddle type
내경	1790mm	1790mm
외경	1842mm	1842mm
높이	650mm	650mm

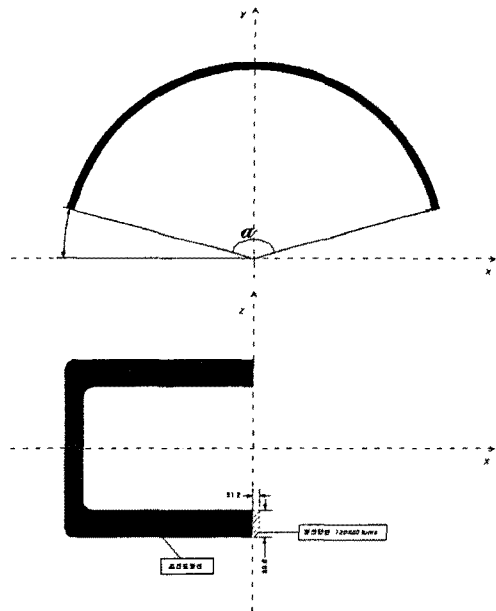


그림 1 두 개의 saddle type 개략도

표 2 두 개의 saddle type 해석 결과

α	a(Gauss/A)	b(km)	c
160°	2.887	60.44	1.254
150°	2.886	57.44	1.259
140°	2.774	54.44	1.272
130°	2.685	51.44	1.286
120°	2.576	48.44	1.300
110°	2.447	45.44	1.310

각도(α)를 10° 씩 바꿔가며 해석하였다. 전류당 중심자장(Gauss/A)을 a, 권선에 필요한 선재량을 b, 중심에서 반경 300mm에서의 균일도(Max field/Min field)를 c라고 할 때, 해석 결과는 표 2와 같다.

각도(α)가 작아짐에 따라 중심자장과 선재량은 줄어들고, 균일도는 커졌다. α 가 150° 일 때와 160° 일 때 전류당 중심자장과 균일도가 비교적 적게 변하는 것을 볼 수 있다. 두 개의 saddle type의 경우 α 가 150° 일 때가 가장 효율적인 형태가 된다.

2.2.2 네 개의 saddle type

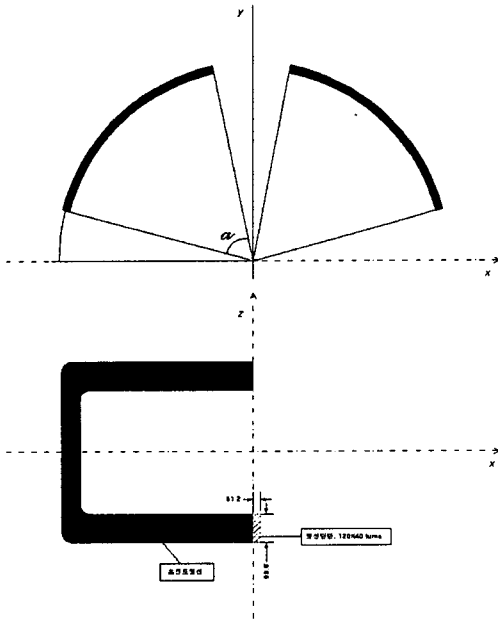


그림 2 네 개의 saddle type 개략도

각도(α)를 10° 씩 바꿔가며 해석하였다. 해석 결과는 표 3과 같다.

표 3 네 개의 saddle type 해석 결과

α	a(Gauss/A)	b(km)	c
75°	2.505	69.92	1.356
65°	2.393	63.92	1.356
55°	2.195	57.93	1.382
45°	1.919	51.93	1.396
35°	1.573	45.94	1.466
25°	1.168	39.94	1.570

각도(α)가 작아짐에 따라 중심자장과 선재량은 줄어들고, 균일도는 커졌다. α 가 75° 일 때와 65° 일 때를 보면 중심자장의 감소가 다른 각도의 감소에 비해 적음을 알 수 있고, 균일도에서 볼 때 거의 증가가 일어나지 않았다. 결국, 네 개의 saddle type의 경우 α 가 65° 일 때가 효율적임을 알 수 있다.

2.2.3 네 개의 cylinder type

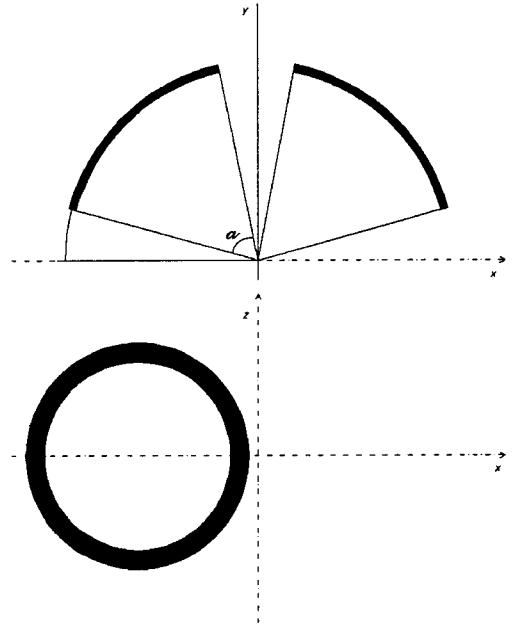


그림 3 네 개의 cylinder type 개략도

각도(α)를 10° 씩 바꿔가며 해석하였다. 해석 결과는 표 4와 같다.

앞의 두 타입과 마찬가지로 각도(α)가 작아짐에 따라 중심자장과 선재량은 줄어들고, 균일도는 커졌다. 그러나 α 가 75° 일 때와 65° 일 때를 보면 중심자장은 다른 각도의 감소와 비슷하게 감소하지만, 균일도는 오히려 감소함을 볼 수 있다. 네 개의 cylinder type의 경우 α 가 65° 일 때 효율적인 coil 형태가 된다.

2.2.4 각 마그네트의 비교

각 type에서 결정된 세 개의 마그네트를 비교하여 실제 12inch 단결정 성장에 가장 적합한 마그네트를 찾게 된다.

표 4 네 개의 cylinder type 해석결과

α	a(Gauss/A)	b(km)	c
75°	3.105	61.855	1.419
65°	2.64	53.897	1.411
55°	2.105	45.577	1.433
45°	1.552	36.896	1.479
35°	1.027	27.853	1.565
25°	0.576	18.689	1.684

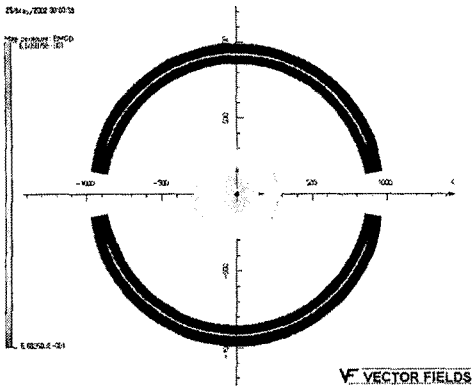


그림 4 두 개의 saddle type의 반경 300mm에서의 자장분포

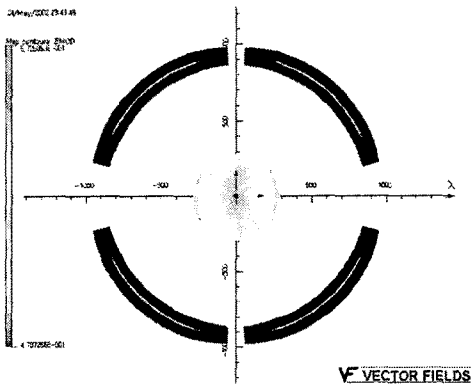


그림 5 네 개의 saddle type의 반경 300mm에서의 자장분포

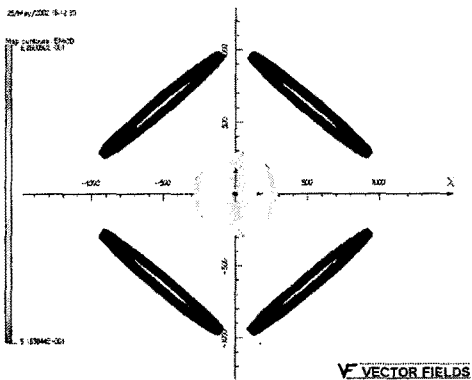


그림 6 네 개의 cylinder type의 반경 300mm에서의 자장분포

위 세 가지 마그네트의 비교 결과는 표 5와 같다.

표 5 각 마그네트의 해석 결과 비교

	two saddle	four saddle	four cylinder
α	150°	65°	65°
a	2.886	2.393	2.64
b	57.44	63.92	53.897
c	1.259	1.356	1.411

전류당 중심자장과 균일도는 두 개의 saddle type이 가장 유리했고, 권선에 들어가는 선재량은 네 개의 cylinder type이 가장 적음을 알 수 있다. 선재량이 많이 드는 단점을 감수한다면 12inch 단결정 성장에는 각도가 150° 인 두 개의 saddle type이 가장 효율적이다.

3. 결 론

수평자장형 마그네트 종류 3가지에 대해 각각 위치와 각도를 바꿔가며 해석하였다. 해석상 두 개의 saddle type에서는 각도가 150° 일 때 가장 효율적이었고, 네 개의 saddle type과 네 개의 cylinder의 경우 각도가 75° 일 때가 가장 효율적이었다. 각 type별로 효율적인 세 가지 마그네트를 비교하였을 때, 두 개의 saddle type으로 각도가 150° 인 마그네트가 12inch 단결정 성장에 가장 효율적이었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 부품소재기술개발사업에서 지원하였습니다. 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Opera-3d user guide, Ver 7.5, chap 5.