

## 일방향 응고법에 의한 다결정 실리콘의 야금학적 정련

\*장 은수, 박 동호, 류 태우, \*\*문 병문

### Metallurgical Refinement of Multicrystalline Silicon by Directional Solidification

\*Eunsu Jang, Dongho Park, Tae U Yu, \*\*Byung Moon Moon

The solar energy is dramatically increasing as the alternative energy source and the silicon(Si) solar cell are used the most. In this study, the improved process and equipment for the metallurgical refinement of multicrystalline Si were evaluated for the inexpensive solar cell. The planar plane and columnar dendrite ahead of the liquid-solid interface position caused the superior segregation of impurities from the Si. The solidification rate and thermal gradient determined the shape of dendrite in solidified Si matrix solidified by the directional solidification(DS) method. To simulate this equipment, the commercial software, PROCAST, was used to solve the solidification rate and thermal gradient. Si was vertically solidified by the DS system with Stober process and up-graded metallurgical grade or metallurgical grade Si was used as the feedstock. The inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP) was used to measure the concentration of impurities in the refined Si ingot. According to the result of ICP and simulation, the high thermal gradient between the two phases was able to increase the solidification rate under the identical level of refinement. Also, the separating heating zone equipped with the melting and solidification zone was effective to maintain the high thermal gradient during the solidification.

**Key words :** Multicrystalline Silicon, Solar Grade Silicon, Directional Solidification, Solidification Rate, Thermal Gradient, Refinement, Stober process.

E-mail : \*jjston@kitech.re.kr, \*\*moonbm@kitech.kr.kr

## 태양전지용 실리콘 생산을 위한 금속급 실리콘 제조와 슬래그 정련 연구

\*이 상욱, 김 대석, 박 동호, 문 병문, 민 동준, \*\*류 태우,

### Study metal-grade silicon manufacturing and slag refining for the production of silicon solar cell

\*Sangwook Lee, Daesuk Kim, Dongho Park, Byung Moon Moon, Dong Jun Min, \*\*Tae U Yu

야금학적 방법을 통한 태양전지용 실리콘 제조를 위하여 아크로(Arc furnace)에서 제조된 용융 상태의 금속급 실리콘을 슬래그와 직접 반응시켜 불순물을 제거하는 공정에 관한 연구를 수행하였다. 이를 위해 아크로와 고주파 유도용해로(High-frequency induction furnace)를 이용하여 금속급 실리콘을 제조와 정련 특성 실험을 수행하였다. 본 연구에서 금속급 실리콘을 제조하기 위한 장비로 150kW급-DC 아크로와 300kW급-AC 아크로를 사용하였다. 원재료로 규석, 코크스(Cokes), 숯, 그리고 우드칩(Wood chip)을 실험 비율에 맞춰 아크로 내부에 장입하고, 이를 용융환원 방법을 통해 반응을 시켰다. 이때 생산된 금속급 실리콘의 순도는 약 99.2~99.8% 이었으며, 원재료의 순도, 장입 비율 및 아크로 운전 특성에 따라 편차가 있다. 아크로에서 생산된 금속급 실리콘의 경우 인(phosphorus), 붕소(boron)를 다량 함유하고 있고, 이를 제거하기 위하여 50kW급 고주파 유도용해로 장비를 사용하여 슬래그 정련 실험을 수행하였다. 슬래그 정련 시 사용한 성분은 SiO<sub>2</sub>, CaO 그리고 CaF<sub>2</sub> 이며, 금속급 실리콘과 슬래그의 질량비 및 반응 시간에 따른 실리콘 불순물 특성을 평가하였다. 실험결과 인과 붕소는 각각 1 ppm 이하, 5 ppm 이하 였으며, 칼슘을 제외한 대부분의 금속 불순물의 경우 0.1~0.2% 임을 확인하였다.

**Key words :** silicon(실리콘), slag refining(슬래그 정련), solar cell(태양전지), metal-grade silicon(금속급 실리콘)

E-mail : \*liolio@kitech.re.kr, \*\*yту@kitech.re.kr