ಉಪಗ್ರಹದ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ
ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2025
ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು–17

ಉಪಗ್ರಹದ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ

ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2025

ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು–17

“Upagrahada Dyuti Upakaranagalalli Telu Padara Lepana”
in Kannada by Dr. Girish Manjunath Gouda,
Published by U. R. Rao Satellite Centre
Bengaluru-560017
kannada.ursc@gmail.com

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2025
ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ,
ಬೆಂಗಳೂರು–560017

© ಲೇಖಕರದು

ಮೊದಲ ಮುದ್ರಣ : 2025
ಬಳಸಿದ ಕಾಗದ : 70 ಜಿ.ಎಸ್.ಎಂ. ಮ್ಯಾಪ್ಲಿಥೊ
ಡೆಮಿ 1/8, ಪುಟಗಳು: 72

ಚಿತ್ರ ಕೃಪೆ : ಇಸ್ರೊ ಮತ್ತು ಇತರ ಜಾಲತಾಣಗಳು

ಅಧ್ಯಕ್ಷರ ಸಂದೇಶ

ಕನ್ನಡ ಸಾಹಿತ್ಯದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಾಹಿತ್ಯ ಒಂದು ಪ್ರಮುಖ ಹಾಗೂ ವಿಶಿಷ್ಟವಾದ ಸಾಹಿತ್ಯ ಪ್ರಕಾರ. ನಮ್ಮ ಸುತ್ತಲಿನ ಎಲ್ಲ ಆಗುಹೋಗುಗಳನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ಗಮನಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಸರಳ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವ ಆಶಯ ಈ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಾಹಿತ್ಯದ ಗುರಿ. ಅದರಲ್ಲೂ, ಕಬ್ಬಿಣದ ಕಡಲೆ ಎನಿಸಿರುವ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ, ಉಪಗ್ರಹ ಹಾಗೂ ರಾಕೆಟ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಮುಂತಾದ ಸಂಕೀರ್ಣ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸರಳ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಒಬ್ಬ ಪ್ರೌಢಶಾಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಯ ತಿಳುವಳಿಕೆಯ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾದರೆ ಅದೊಂದು ಅಪರೂಪದ ಸಾಧನೆಯೇ ಸರಿ. ಈ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಇಸ್ರೊ ಅಂಗಸಂಸ್ಥೆಯಾದ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರವು "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ" ಎಂಬ ಸರಣಿ ಕಿರುಪುಸ್ತಕ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳ ಯೋಜನೆಯನ್ನು 2022ರಲ್ಲಿ ಹಮ್ಮಿಕೊಂಡಿದ್ದು, ತನ್ಮೂಲಕ "ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ

ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ" ಬಗ್ಗೆ ಸಣ್ಣ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಹೊರತರುವ ಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿದೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ನಿಮ್ಮ ಕೈಯಲ್ಲಿರುವ ಈ ಪುಸ್ತಕ, ಈ ಮಾಲೆಯ ಎರಡನೆಯ ಕಂತಿನ ಒಂದು ಕುಸುಮ.

ಒಂದು ಭಾಷೆಯ ಬೆಳವಣಿಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕಾದರೆ, ವಿವಿಧ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಆ ಭಾಷೆಯಲ್ಲೇ ವಿವರಿಸಬೇಕಾದದ್ದು ಅವಶ್ಯಕ. ಅಂತೆಯೇ ನಮ್ಮ ಇಸ್ರೊ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನು ಜನಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ಸರಳ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿ, ಅದರ ಬಗೆಗಿನ ಅರಿವು ಮೂಡಿಸುವುದೂ ಕೂಡಾ ಅಗತ್ಯವಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕಾಗಿರುವ ಕಾರ್ಯ. ಪ್ರಸ್ತುತ "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ" ಯೋಜನೆಯು, ಈ ಎರಡೂ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಈಡೇರಿಸಲಿದೆ.

ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಪರಿಕಲ್ಪಿಸಿ, ಅದನ್ನು ಸಾಕಾರಗೊಳಿಸಿದ್ದಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕರನ್ನು ನಾನು ಅಭಿನಂದಿಸುತ್ತೇನೆ. ಮುಂಬರುವ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಹೊರಬರಲಿ, ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಆಸಕ್ತ ಓದುಗರನ್ನು ತಲುಪಲಿ ಎಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ.

ಡಾ. ವಿ ನಾರಾಯಣನ್

ಅಧ್ಯಕ್ಷರು, ಇಸ್ರೊ

ನಿರ್ದೇಶಕರ ಸಂದೇಶ

ಉಪಗ್ರಹ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನ, ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಹಾಗೂ ಸಂಬಂಧಿತ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಸರಳವಾದ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವ ಹಾಗೆ ತಲುಪಿಸಬೇಕು ಎನ್ನುವುದು ನನ್ನ ಚಿಂತನೆ ಹಾಗೂ ಆಶಯ. ಇಂತಹ ಪ್ರಯತ್ನವು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಯಲ್ಲೇ ಓದುವ ಗ್ರಾಮೀಣ ಪ್ರದೇಶದ ಯುವ ಪ್ರತಿಭೆಗಳಿಗೆ ಅವಶ್ಯಕ ಹಾಗೂ ಅಧಿಕೃತ ಮಾಹಿತಿ ತಲುಪಿಸುತ್ತದೆ. ತನ್ಮೂಲಕ ಅವರಿಗೆ ಉತ್ತಮ ಅವಕಾಶ ಕಲ್ಪಿಸುವಲ್ಲಿ ಹಾಗೂ ಭವ್ಯ ಭವಿಷ್ಯ ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಹತ್ವದ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿದೆ.

ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಐದು ದಶಕಗಳಿಂದ ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ನುರಿತ ಹಾಗೂ ಅನುಭವಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಂದ ಈ ಕೆಲಸ ಆಗಬೇಕು ಎಂಬುವುದು ಸಹಜ ಅಪೇಕ್ಷೆ. ಇದರ ಅಂಗವಾಗಿ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರವು 2022ರಿಂದ ಪ್ರತಿವರ್ಷ "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ

ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆ"ಯ ಭಾಗವಾಗಿ ಹಲವು ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಯೋಜನೆ ಹಾಕಿಕೊಂಡಿತು. ಈ ಯೋಜನೆಯ ಮುಂದುವರಿದ ಭಾಗವಾಗಿ ಈ ವರ್ಷವೂ ಕಿರುಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಹೊರತರುತ್ತಿರುವುದು ಸಂತಸದ ವಿಷಯವಾಗಿದೆ.

ಈ ವಿಚಾರಕ್ಕೆ ಸ್ಪಂದಿಸಿ ಅತ್ಯಂತ ಉತ್ಸುಕತೆಯಿಂದ ನಮ್ಮ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳು ವಿವಿಧ ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಕಿರುಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿದ್ದಾರೆ. 2025ರ ಸರಣಿಯ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಇಂದು ನಿಮ್ಮ ಕೈ ಸೇರಿರುವುದು ಸಂತಸದ ಸಂಗತಿ. ಎಲ್ಲಾ ಲೇಖಕರ ಪ್ರಯತ್ನಕ್ಕೆ ಅಭಿನಂದನೆಗಳು ಹಾಗೂ ಈ ಯೋಜನೆ ಮುಂದೆಯು ಹೀಗೆಯೇ ಮುಂದುವರೆಯಲೆಂದು ಎಂದು ನನ್ನ ಹಾರೈಕೆ. ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಈ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಆಸಕ್ತಿ ಹಾಗೂ ಅಭಿರುಚಿಯನ್ನು ಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡು, ಮೂಲತತ್ವಗಳನ್ನು ಅರಿತುಕೊಂಡು, ಸ್ಫೂರ್ತಿ ಪಡೆದು ಉತ್ತಮ ಭವಿಷ್ಯ ರೂಪಿಸಿಕೊಳ್ಳಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ. ಈ ನಮ್ಮ ಉದ್ದೇಶ ಸಾಕಾರಗೊಂಡು, ಅಪೇಕ್ಷಿತ ಫಲಿತಾಂಶ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ನನಗೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿಶ್ವಾಸವಿದೆ.

ಎಂ. ಶಂಕರನ್

ನಿರ್ದೇಶಕರು

ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ

ಸಂಪಾದಕ ಮಂಡಲಿ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕಮಾಲೆ

ಪ್ರಿಯ ಓದುಗರೇ,

ಇಸ್ರೊ ಸಂಸ್ಥೆಯ ಯು ಆರ್ ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರವು (ಯುಆರ್ಎಸ್‌ಸಿ) 2022ರಲ್ಲಿ ತನ್ನ ಸುವರ್ಣ ಮಹೋತ್ಸವವನ್ನು ಆಚರಿಸುವ ಸಂಧರ್ಭದಲ್ಲಿ ಯುಆರ್ ಎಸ್‌ಸಿಯ ಕರ್ನಾಟಕ ರಾಜ್ಯೋತ್ಸವ ಸಮಿತಿಯು, "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ" ಎಂಬ ಕನ್ನಡ ಪುಸ್ತಕ ಸರಣಿಯನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಿಸಿತು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವಿಜ್ಞಾನ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ರಾಕೆಟ್ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ, ಮುಂತಾದ ಹಲವು ವಿಷಯಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಶಾಲಾ ಮಕ್ಕಳಿಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುವಂತೆ, ಸರಳ ಕನ್ನಡ ಭಾಷೆಯಲ್ಲಿ ಚಿಕ್ಕಚಿಕ್ಕ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸುವ ಯೋಜನೆ ನಮ್ಮ ಸಮಿತಿಯದು. ಇವುಗಳನ್ನು ನಮ್ಮ ಸಂಸ್ಥೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೇ ಬರೆಯುತ್ತಿರುವುದು ಇದರ ಇನ್ನೊಂದು ವಿಶೇಷ. ರಾಜ್ಯೋತ್ಸವ ಆಚರಣೆಯ ಭಾಗವಾಗಿ, ಈ ಸರಣಿಯ ಮೂರನೆಯ ಕಂತಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಇದೀಗ ನಿಮ್ಮ ಮುಂದಿವೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕಗಳ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾನ ಆವೃತ್ತಿಯನ್ನು ನಮ್ಮ ಅಂತರ್ಜಾಲ ತಾಣದ ಮೂಲಕ ಉಚಿತವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ಮಕ್ಕಳಿಗೂ ತಲುಪಿಸುವ ಗುರಿ ನಮ್ಮದು.

ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಅರಿತುಕೊಳ್ಳಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಈ ಬಗೆಯ

ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಲು ಪ್ರೇರೇಪಿಸುವ ಇಸ್ರೊ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಡಾ. ವಿ ನಾರಾಯಣನ್ ಹಾಗೂ ಈ ಯೋಜನೆಯ ಮುಖ್ಯ ರೂವಾರಿಯಾದ ನಮ್ಮ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಶ್ರೀ. ಎಂ ಶಂಕರನ್ ಅವರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಸಮಿತಿಯು ಆಭಾರಿಯಾಗಿದೆ.

ಈ ಸರಣಿಯ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ, ಸೂಕ್ತ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ ಶ್ರೀ ಪಿ ಶಿವಪ್ರಕಾಶ್ ಅವರಿಗೆ ನಮ್ಮ ಹೃದಯಪೂರ್ವಕ ಧನ್ಯವಾದಗಳು. ಇಂತಹ ಕಠಿಣ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಚಾರಗಳನ್ನು ಸರಳಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ರಚಿಸಿರುವ ಎಲ್ಲಾ ಲೇಖಕರಿಗೂ ನಾವು ಕೃತಜ್ಞರಾಗಿದ್ದೇವೆ. ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಹೊರತರಲು ಸಹಕರಿಸಿ, ಎಲ್ಲಾ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿ ಸೂಕ್ತ ಸೂಚನೆಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ ಸಂಪಾದಕ ಮಂಡಲಿಯ ಎಲ್ಲಾ ಸದಸ್ಯರುಗಳಿಗೆ ಹಾಗೂ ನಮ್ಮ ಕೇಂದ್ರದ ಎಲ್ಲಾ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಿಗೂ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತಿದ್ದೇವೆ.

ಇವುಗಳನ್ನು ಓದಿ, ನಿಮ್ಮ ಸಲಹೆ ಮತ್ತು ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಿದರೆ, ಈ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆಯ ಮುಂದಿನ ಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಇನ್ನಷ್ಟು ಉತ್ತಮಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಡಾ. ರಾಮನಗೌಡ ವಿ ನಾಡಗೌಡ

ಅಧ್ಯಕ್ಷರು

ಸಹನಿರ್ದೇಶಕರು (ಯೋಜನೆಗಳು), ಯುಆರ್‌ಎಸ್‌ಸಿ

ಲೇಖಕರ ಮಾತು

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿತ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ನಾಡಿನ ಕಿರಿಯರಿಗೆ ತಲುಪಿಸಲು ರೂಪತಳೆದಿರುವ "ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ"ಯ ಒಂದು ಹೂವಾಗಿ "ಉಪಗ್ರಹದ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ" ಈ ಕಿರು ಹೊತ್ತಿಗೆ ಮೂಡಿಬಂದಿದೆ.

ಮಾನವ ನಿರ್ಮಿತ ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಬಹುಪಯೋಗಿಯಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಿದ್ದು, ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯು ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸರಣ, ಪ್ರತಿಫಲನ ಅಥವಾ ಹೀರುವಿಕೆಯ ತತ್ವದ ಮೇಲೆ ಆಧಾರಿತವಾಗಿದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಜು ಅಥವಾ ಸ್ಪಟಿಕ ತಳಾಧಾರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಮೂಲ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಗಾಜನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಅವುಗಳನ್ನು ಬಳಸಲು ಯೋಗ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದನಂತರ ಅವುಗಳ ಪ್ರಸರಣ, ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ಹೀರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅವಶ್ಯಕತೆಗೆ ತಕ್ಕಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಮಾಡಬಹುದು? ಗಾಜುಗಳು ಬೆಳಕಿಗೆ ತೋರುವ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಬದಲಾಯಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರವೆಂದರೇನು? ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಏಕೆ ಬೇಕು? ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಹೇಗೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ? ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನದ ವಿಧಗಳು ಯಾವುವು? ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಚಿತ್ರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಸ್ರೋದ ಒಂದು ಘಟಕವಾಗಿರುವ ದ್ಯುತಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯ (ಲ್ಯಾಬೊರೇಟರಿ ಫಾರ್ ಎಲಕ್ಟ್ರೋ ಆಪ್ಟಿಕ್ಸ್ ಸಿಸ್ಟಂಸ್–ಲಿಯೋಸ್) ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ (ಈಗ ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ) ಸಂವೇದಕ ವಿಭಾಗವಾಗಿದ್ದು ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಅನೇಕ ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನಗಳ ಸಂಶೋಧನೆಯನ್ನೂ ನಡೆಸುತ್ತಿದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಲೇಪನ ನಡೆದು ಬಂದ ದಾರಿಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನೂ ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಯಲ್ಲಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕ ರೂಪ ತಳೆಯಲು ನಾನು ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಅನೇಕರ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ಕಾರಣ. ಲಿಯೋಸ್ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಡಾ. ಕೆ. ವಿ. ಶ್ರೀರಾಮ, ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ನಿರ್ದೇಶಕರಾದ ಶ್ರೀ ಎಂ. ಶಂಕರನ್ ಮತ್ತು ಇಸ್ರೋದ ಪೂರ್ವ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಶ್ರೀ ಎ. ಎಸ್. ಕಿರಣಕುಮಾರ, ಈ ಪುಸ್ತಕ ಸರಣಿಯ ಸಂಪಾದಕ ಮಂಡಳಿಯ ಅಧ್ಯಕ್ಷರಾದ ಡಾ. ರಾಮನಗೌಡ ವಿ. ನಾಡಗೌಡ ಅವರುಗಳಿಗೆ ಧನ್ಯವಾದಗಳು.

ಮಾಧ್ಯಮಿಕ ಹಂತದವರೆಗಿನ ಶಿಕ್ಷಣವನ್ನು ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲೇ ಪಡೆದ ನನಗೆ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ಸಿಕ್ಕಿದ್ದು ನನ್ನ ತಂದೆ–ತಾಯಿಯವರಿಂದ. ನಮ್ಮನ್ನು ಅಗಲಿದ ತಂದೆಯವರಾದ ಶ್ರೀ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ, ನಿವೃತ್ತ ಶಿಕ್ಷಕರು, ಬಳಸುತ್ತಿದ್ದ ಸರಳ ಅಚ್ಚಕನ್ನಡ ಶಬ್ದಗಳು ಸದಾ ಕಿವಿಯಲ್ಲಿ ರಿಂಗಣಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಅಮ್ಮ ಶ್ರೀಮತಿ ಸೀತಾ ಅವರ ಮೆಚ್ಚುಗೆಯ ನುಡಿಗಳು, ನನ್ನ ಮಡದಿ ಶ್ರೀಮತಿ ಜಯಲಕ್ಷ್ಮಿಯ ವಿಮರ್ಶಾತ್ಮಕ ಸಲಹೆ ಹಾಗೂ ನನ್ನ ಮಗ ಗಿರಿಜಾಚಂದನನ ಕುತೂಹಲಗಳು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಬರೆಯಲು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡುತ್ತದೆ. ನನ್ನ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಸಂತಸ ಸೂಚಿಸುವ ಅಕ್ಕ ಶ್ರೀಮತಿ ಶ್ಯಾಮಲತಾ ಮತ್ತು ನನ್ನ ಎಲ್ಲಾ ಬಂಧು–ಮಿತ್ರರನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ನೆನಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದೇನೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕ ಬರೆಯಲು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಮತ್ತು ಪರೋಕ್ಷ ಪ್ರೋತ್ಸಾಹ ನೀಡಿದ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಹೃತ್ಪೂರ್ವಕ ವಂದನೆಗಳು.

1/11/2025 **ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ**

(ಇ–ಅಂಚೆ: girishmg.g@gmail.com)

ಪರಿವಿಡಿ

1. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ	01
2. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಎಂದರೇನು?	05
3. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಏಕೆ ಬೇಕು?	06
4. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಹೇಗೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ?	11
5. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನದ ವಿಧಗಳು	15
6. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ	36
7. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅರ್ಹತಾ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳು	38
8. ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ/ ಲಿಯೋಸ್ ನಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ನಡೆದು ಬಂದ ದಾರಿ	41
9. ಉಪಸಂಹಾರ	46

1. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ

ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುವ ಅನೇಕ ಉಪಕರಣಗಳು, ಬಿಡಿ ಭಾಗಗಳು ಮತ್ತಿತರ ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಪನಗಳ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶ ಆಯಾ ಪರಿಕರಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಉತ್ತಮಪಡಿಸುವುದು ಹಾಗೂ ಅವುಗಳು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಬದಲಾಯಿಸುವುದು. ಉಪಗ್ರಹಗಳು ತಾವಿರುವ ಕಕ್ಷೆಯಿಂದ ಚಿತ್ರ ಗ್ರಹಿಸಲು (ಭೂಮಿ, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ, ಇತರ ಗ್ರಹಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ...ಇತ್ಯಾದಿ) ಉತ್ತಮ ಗುಣಮಟ್ಟದ ದೂರದರ್ಶಕಗಳನ್ನು, ತಮ್ಮ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರತೆ ಕಾಪಾಡಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ. ಈ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು, ಸಂವೇದಕಗಳು ಹಾಗೂ ಇತರ ಪರಿಕರಗಳು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಗಾಜಿನಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ಅನೇಕ ದ್ಯುತಿ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸರಣ, ಹೀರುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಿಕೆಯು ದ್ಯುತಿ

ಉಪಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಪರಿಣಾಮ ಬೀರುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಗಣಕ ನಿಯಂತ್ರಿತ ಯಂತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಉಜ್ಜುವುದರ ಮೂಲಕ ನುಣುಪಾಗಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಮೂಲ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ತದನಂತರ ಗಾಜನ್ನು ದರ್ಪಣ, ಮಸೂರ ಅಥವಾ ಸೋಸುಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ: ಕಾಡಿನ ಚಿತ್ರಣ, ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಲಭ್ಯತೆಯ ವಿವರ, ಆಹಾರ ಧಾನ್ಯ ಬೆಳೆಗಳ ವಿವರ, ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ನೀರಾವಿ, ಸಮುದ್ರದಲ್ಲಿ ಮೀನಿನ ಲಭ್ಯತೆ ಇತ್ಯಾದಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು) ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ, ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತಿತರ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಗಾಜುಗಳ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕವು ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುವ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸುವ ಲೇಪನಗಳ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲುತ್ತದೆ.

ದ್ಯುತಿ ಭಾಗಗಳು

ದೂರದರ್ಶಕ, ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಗ್ರಾಹಕ (ಕ್ಯಾಮರಾ), ಸೂಕ್ಷ್ಮ ದರ್ಶಕ ಇತ್ಯಾದಿಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಜು ಅಥವಾ ಸ್ಫಟಿಕದಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸರಣ, ಹೀರುವಿಕೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವಿಕೆಯ ಬೆಳಕಿನ (ದ್ಯುತಿ) ತತ್ವಗಳ ಮೇಲೆ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು "ದ್ಯುತಿ ಭಾಗಗಳು" (optical components) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳು

ಉಪಗ್ರಹ ಆಧಾರಿತ ದೂರಸಂವೇದನೆ, ಖಗೋಳ ಅಧ್ಯಯನ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ಥಾನ ಸ್ಥಿತಿ ನಿಯಂತ್ರಣದಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತಾರೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು, ಛಾಯಾಚಿತ್ರ ಗ್ರಾಹಕಗಳು (ಕ್ಯಾಮರಾ) ನಕ್ಷತ್ರ–ಸಂವೇದಕಗಳು. ಈ ಎಲ್ಲ ಪರಿಕರಗಳು ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಲು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಗಾಜಿನಿಂದ ತಯಾರಿಸಿದ ವಿವಿಧ ದರ್ಪಣ, ಮಸೂರ ಅಥವಾ ಸೋಸುಕಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತಾರೆ.

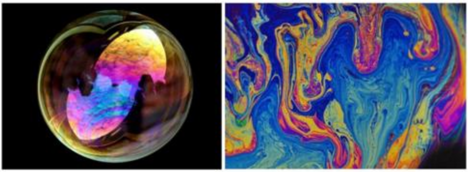
ಈ ಎಲ್ಲ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಬಳಸುವುದರಿಂದ ಮತ್ತು ಅವುಗಳು ಬೆಳಕಿನ (ದ್ಯುತಿ) ತತ್ವಗಳ ಮೇಲೆ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು "**ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳು**" (optical instruments) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

2. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಎಂದರೇನು?

ಯಾವುದೇ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ (material) ಲೇಪನವನ್ನು ಮಾಡಿದಾಗ ಅದರ ದಪ್ಪವು ಅಗಲ ಮತ್ತು ಉದ್ದಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದಾಗ ತುಂಬಾ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ ಅದನ್ನು ತೆಳು ಪದರ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ತೆಳು

ನೈಸರ್ಗಿಕ ತೆಳು ಪದರ

ಅಂದ ಹಾಗೆ ನೀವೆಲ್ಲರೂ ಸಾಬೂನಿನ ಗುಳ್ಳೆಯ ಮೇಲಿನ ಬಣ್ಣಗಳ ಪದರ, ಎಣ್ಣೆಯ ನುಣುಪಿನ ಸುರುಳಿಯಲ್ಲಿನ ಬಣ್ಣಗಳು ಇತ್ಯಾದಿ ಗಮನಿಸಿರುತ್ತೀರಿ (ಚಿತ್ರ ನೋಡಿ). ಇವೆರಡೂ ನೈಸರ್ಗಿಕ ತೆಳು ಪದರಕ್ಕೆ ಉದಾಹರಣೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಣ್ಣಗಳು ಕಂಡುಬರಲು ಕಾರಣ ತೆಳು ಪದರದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ವ್ಯತಿಕರಣ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ.



ಪದರದ ದಪ್ಪವು ಕೆಲವು ನ್ಯಾನೋ ಮೀಟರನಿಂದ ಮೈಕ್ರೋ ಮೀಟರ್ ವರೆಗೆ ಇರುತ್ತದೆ.

3. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಏಕೆ ಬೇಕು?

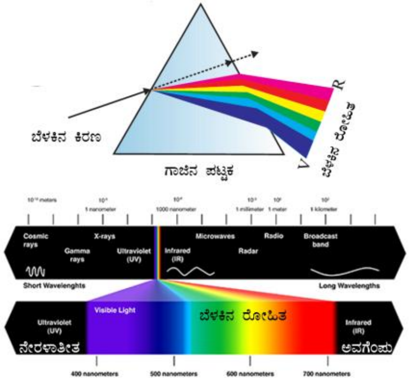
ಕನ್ನಡಕದ ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಕಂಡುಬರುವ ಒಂದು ರೀತಿಯ ಹೊಳಪಿನ ಬಣ್ಣದ ಪದರವನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿರಬಹುದು (ಚಿತ್ರ–1). ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಈ ಲೇಪನ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ನಾವು ನೋಡುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸ್ಪಷ್ಟತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು ಏಕೆಂದರೆ ಅದು ಗಾಜಿನ ಪ್ರಸರಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೆ ರೀತಿ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲ್ಪಡುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಉತ್ತಮಪಡಿಸಲು, ಅವುಗಳು ಕಾರ್ಯ ನಿರ್ವಹಿಸಲು

ಚಿತ್ರ–1: ಕನ್ನಡಕದ ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ

ಬೇಕಾದ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡಲು, ಅನಾವಶ್ಯಕ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ತಡೆಯಲು ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನವನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನವು ಉಪಕರಣದ ಭಾಗಗಳ ಬಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಸಹ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

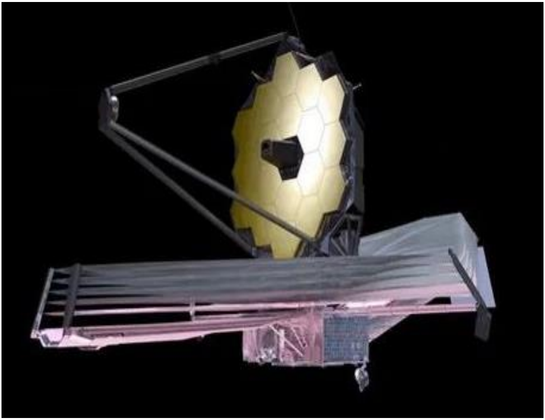
ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ದರ್ಪಣ/ಪ್ರತಿಫಲಕಗಳು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ, ಮಸೂರಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಿಂದ ಭೂಮಿ, ಅನ್ಯಗ್ರಹದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮಾಹಿತಿ ಕಲೆ ಹಾಕಲು ಕೆಲವು ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಸ್ವೀಕರಿಸಿ ಉಳಿದವುಗಳನ್ನು ತ್ಯಜಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ನೇರಳಾತೀತ ಕಿರಣಗಳು ಮತ್ತು ಕೆಲವು ಉಪಕರಣಗಳಿಗೆ ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳು ತಲುಪದಂತೆ ತಡೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ದೂರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಲು ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ಚದುರಿದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಸಂವೇದಕವನ್ನು ತಲುಪದಂತೆ ತಡೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಅನೇಕ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ತಕ್ಕಂತೆ

ನೇರಳಾತೀತ ಮತ್ತು ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳು



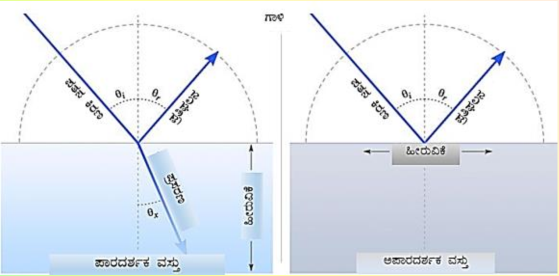
ನೀವೆಲ್ಲರೂ ಕಾಮನಬಿಲ್ಲಿನಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಗಾಜಿನ ಪಟ್ಟಕದ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋದ ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಣವಿಭಜನೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿರುತ್ತೀರಿ ಅಲ್ಲವೇ? ಬೆಳಕಿನ ರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ನೇರಳೆ (violet) ಮತ್ತು ಕೆಂಪು (red) ಎಲ್ಲಿದೆ ಎಂದು ನೋಡಿ. ನೇರಳೆ ಬಣ್ಣಕ್ಕಿಂತ ಮೊದಲು ಬರುವ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕನ್ನು ನೆರಳಾತೀತ (UltraViolet-UV) ಹಾಗೂ ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣದ ನಂತರ ಬರುವ ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಅವಗೆಂಪು (InfraRed- IR) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ.

ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ನಾಸಾದ ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ದರ್ಪಣದಲ್ಲಿರುವ ಬಂಗಾರದ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನವನ್ನು ಚಿತ್ರ–2ರಲ್ಲಿ ನೋಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ–2: ನಾಸಾದ ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದ ಪ್ರಾಥಮಿಕ ದರ್ಪಣದಲ್ಲಿರುವ ಬಂಗಾರದ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ.

T+R+A=1



ಬೆಳಕು ಯಾವುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲಕ ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಅದು ಪ್ರಸರಣ (T), ಪ್ರತಿಫಲನ (R) ಮತ್ತು ಹೀರುವಿಕೆ (A) ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಡುತ್ತದೆ. ಈ ಮೂರು ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಗಳ ಒಟ್ಟು ಮೊತ್ತ (T+R+A) ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದ ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕಿನ ಒಟ್ಟು ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು 1 ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, T+R+A=1 ಆಗುತ್ತದೆ. ಯಾವುದೇ ವಸ್ತು ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳದಿದ್ದರೆ (A=0) ಆಗ, T+R=1 ಆಗುತ್ತದೆ.

4. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಹೇಗೆ ಮಾಡುತ್ತಾರೆ?

ತೆಳು ಪದರಗಳನ್ನು ಲೇಪಿಸಲು ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಭೌತಿಕ ಮತ್ತು ರಾಸಾಯನಿಕ ಭಾಷ್ಪೀಭವನದ ಮೂಲಕ ಗಾಜು ಮತ್ತಿತರ ತಳಾಧಾರದ (substrate) ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು (physical and chemical vapour deposition) ಹೆಚ್ಚಿನದಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ. ಭೌತಿಕ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಲೇಪನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ಉತ್ತಮ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ (10^{-4} ರಿಂದ 10^{-6} ಮಿಲಿ ಬಾರ್ ಒತ್ತಡ) ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಭಾಷ್ಪೀಭವನ

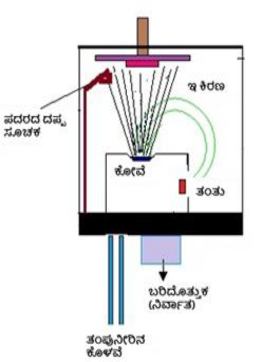
ಭಾಷ್ಪೀಭವನದಲ್ಲಿ ಲೇಪಿಸಬೇಕಾದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಕಾಯಿಸಿದಾಗ ಅದು ಘನ ರೂಪದಿಂದ ಅನಿಲ ರೂಪಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉತ್ತಮ ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಅನಿಲ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವು ತಳಾಧಾರದ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಘನೀಕೃತಗೊಂಡು ತೆಳು ಪದರವಾಗಿ ಲೇಪಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಭೌತಿಕ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿಯೇ ಅನೇಕ ವಿಧಗಳಿವೆ. ಅವುಗಳೆಂದರೆ: ಉಷ್ಣ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ (thermal evaporation), ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣದಿಂದ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ (electron beam evaporation), ಆಯಾನ್ ಕಿರಣ ಹಾಯಿಸಿ ದ್ರವ್ಯ ಕಣ ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆ (ion beam sputtering), ಮ್ಯೆಗ್ನೇಟ್ರಾನಿಂದ ದ್ರವ್ಯ ಕಣ ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆ (magnetron sputtering) ಇತ್ಯಾದಿ. ದೀರ್ಘ ಬಾಳಿಕೆಯ ಉತ್ತಮ ಗುಣಮಟ್ಟದ ತೆಳು ಪದರವನ್ನು ಲೇಪಿಸಲು ಅಯಾನ್ ನೆರವು ಪಡೆದ (ion assisted deposition) ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣದಿಂದ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ, ಅಥವಾ ದ್ರವ್ಯ ಕಣ ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆ (sputtering) ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಪಿಸುವ ತೆಳು ಪದರದ ಲೇಪನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನದಾಗಿ ಭೌತಿಕ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. **ಚಿತ್ರ 3**ರಲ್ಲಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ನಿರ್ವಾತ ಲೇಪನ ಘಟಕಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಚಿತ್ರ 3: ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ವಿಧಾನದ ನಿರ್ವಾತ ಲೇಪನ ಪರಿಕರಗಳು. ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ನಿರ್ವಾತ ಲೇಪನ ಯಂತ್ರದ ಒಳಭಾಗದ ನೋಟವನ್ನು ನೋಡಬಹುದು.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣದಿಂದ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ



ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ವಿಧಾನದ ನಿರ್ವಾತ ಲೇಪನದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣತೆಗೆ ತಲುಪಿದ ತಂತಿಗಳಿಂದ ಹೊರಸೂಸುವ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಗಳು 270° ಕೋನದಷ್ಟು ಬಾಗಿ ಮೂಸೆ/ಕೋವೆಯಲ್ಲಿನ (crucible) ವಸ್ತುಗಳು ಆವಿಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ನಿರ್ವಾತದಲ್ಲಿ ಆವಿಯು ತಳಾಧಾರದ (ಉದಾ. ಗಾಜು) ಮೇಲೆ ತೆಳು ಪದರವಾಗಿ ಲೇಪಿತಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

5. ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನದ ವಿಧಗಳು

ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನವನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಉಪಗ್ರಹದ ದ್ಯುತಿ ಪರಿಕರಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನದ ಬಗ್ಗೆ ಬರೆಯುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ, ಇಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವ ಲೇಪನದ ವಿಧಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಲೇಪನಗಳು ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ತಯಾರಾಗುತ್ತವೆ.

ದ್ಯುತಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನದ ವಿಧಗಳು

ಅತಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಲೇಪನ

ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ/ ವಿರೋಧಿ ಲೇಪನ

ಬೆಳಕಿನ ಹೀರುವಿಕೆಯ ಲೇಪನ

ದ್ಯುತಿ ಸೋಸುಕ ಲೇಪನ

ಲೇಸರ್ ಹಾನಿ ತಡೆ ಲೇಪನ

ದ್ವಿವರ್ಣ ದರ್ಪಣ/ ಕಿರಣ ಭೇದಕ ಲೇಪನ

ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿರುವ ವಿವಿಧ ಲೇಪನಗಳು ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರತಿಫಲನ, ಹೀರುವಿಕೆ, ಪ್ರಸರಣಗಳಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ವೈವಿಧ್ಯತೆಗಳಿಗೆ ಮೂಲ ಕಾರಣ ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ (interference).

ವ್ಯತಿಕರಣವು ಗಾಜು ಅಥವಾ ಇತರ ತಳಾಧಾರಗಳ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸುವ ಪದರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ, ದಪ್ಪ, ಅವುಗಳ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕ (refractive index) ಮುಂತಾದ ಅಂಶಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಬೆಳಕಿನ ವ್ಯತಿಕರಣ

ಎರಡು ಅಥವಾ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು/ ತರಂಗಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಧಿಸಿದಾಗ ಕಂಡುಬರುವ ನೈಸರ್ಗಿಕ ವಿದ್ಯಮಾನವನ್ನು ವ್ಯತಿಕರಣ **ಎಂದು** ಕರೆಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯಿಂದ ಹೊರ ಹೊಮ್ಮುವ ಬೆಳಕಿನ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ (ಹೆಚ್ಚು ಅಥವಾ ಕಡಿಮೆ) ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

5.1 ಅತಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ಲೇಪನ (High Reflectance Coating)

ದೂರದರ್ಶಕಗಳಲ್ಲಿನ ದರ್ಪಣಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗಾಜಿನಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಲೋಹದ (ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ, ಬೆಳ್ಳಿ, ಬಂಗಾರ) ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪಿಸುವ ಮೂಲಕ 92 % ರಿಂದ 95 % ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ದೃಗ್ಗೋಚರ ಮತ್ತು ಅವಗೆಂಪು ಸನಿಹದ (visible and near infrared) ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು 97 % ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ಅವಗೆಂಪು ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಪಡೆಯಬಹುದು.

ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಮತ್ತು ಬೆಳ್ಳಿ ಲೋಹದ ತೆಳು ಪದರಗಳು ವಾತಾವರಣದ ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕೆ ಬಂದಾಗ ಆಕ್ಸೈಡ್ ಆಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಗೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ, ಈ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ ಆಗದಂತೆ ತಡೆಯಲು ಡೈಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ (ಸಿಲಿಕಾನ್ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್, ಟ್ಯಾಂಟಲಂ ಪೆಂಟಾಕ್ಸೈಡ್ ಇತ್ಯಾದಿ) ಪದರಗಳನ್ನು ಲೇಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಡೈಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಪದರಗಳು ಲೋಹದ ಪದರವನ್ನು ಸಂರಕ್ಷಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಒಟ್ಟಾರೆ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರ 4ರಲ್ಲಿ ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಮ್ ಲೇಪಿತ

ಹೊಳಪಾಗಿಸಿದ ಗಾಜಿನ ಪ್ರತಿ ಬದಿಯ ಪ್ರತಿಫಲನ ಕೇವಲ 4 % ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರತಿಫಲನಗೊಳ್ಳುವ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಮಾಡಿದ ನಂತರ ಅವುಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನ 92 % ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳನ್ನು ದರ್ಪಣಗಳನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ದರ್ಪಣಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ದರ್ಪಣಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ಬಂಗಾರದ ಲೇಪನವನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ (ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿರುವ ದರ್ಪಣಗಳ ಮೇಲೆ ಬಂಗಾರದ ಲೇಪನ ಇದೆ, ಚಿತ್ರ 2ನ್ನು ಗಮನಿಸಿ).

ಚಿತ್ರ 4: ಅಲ್ಯುಮಿನಿಯಂ ಲೇಪನ ಮಾಡಿದ ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ದರ್ಪಣಗಳು.

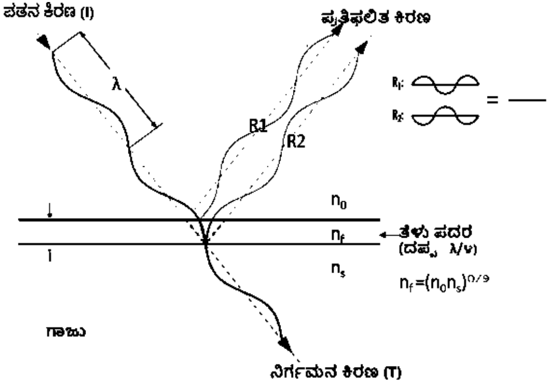
5.2 ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ/ ಪ್ರತಿಫಲನ ವಿರೋಧಿ ಲೇಪನ (Anti Reflectance Coating)

ಉಜ್ಜಿ ಹೊಳಪಾಗಿಸಿದ ಗಾಜುಗಳ ಮೂಲಕ ಕೇವಲ 92 % ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸರಣ ಮಾತ್ರ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ, ಏಕೆಂದರೆ ಗಾಜು ಸರಿ ಸುಮಾರು 4 % ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಗಾಜಿನಿಂದ ಮಾಡಿದ ಮಸೂರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ 4 ಮಸೂರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣ ಕೇವಲ 71.6 % (0.92^4) ಬೆಳಕಿನ ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಗಾಜಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಸರಣ, ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯ ಮೇಲೆ ವ್ಯತಿರಿಕ್ತ ಪರಿಣಾಮ ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯಿಂದ ಹೊರಬರಲು ಗಾಜಿನ ಎರಡೂ ಬದಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ/ ವಿರೋಧಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಪ್ರತಿ ಗಾಜಿನ ಪ್ರಸರಣವನ್ನು 99 % ವರೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು ಹಾಗೂ ಮಸೂರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಲ್ಲಿ

ಉಂಟಾಗುವ ಪ್ರತಿಬಿಂಬದ ದೋಷ ಮತ್ತಿತರ ಅನೇಕ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನವನ್ನು ಹೇಗೆ ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಬಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಚಿತ್ರ 5ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

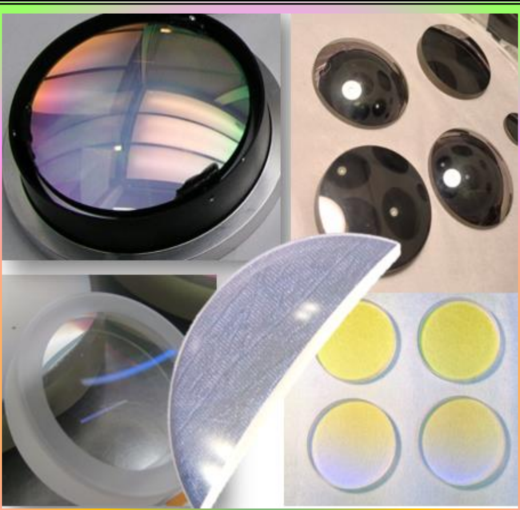


ಚಿತ್ರ 5: ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ/ ಪ್ರತಿಫಲನ ವಿರೋಧಿ ಲೇಪನದ ಕಾರ್ಯವಿಧಾನ

ತೆಳು ಪದರದ ದ್ಯುತಿ ದಪ್ಪವು (optical thickness) ತರಂಗಾಂತರದ 1/4 ಅಂಶದಷ್ಟು ಇದ್ದಾಗ ($\lambda/4$), ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣಗಳ ಉಬ್ಬು ತಗ್ಗುಗಳ ನಡುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು 180° ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ವ್ಯತಿಕರಣಗೊಂಡ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಕಿರಣಗಳು ಪತನಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ (destructive interference).

ತೆಳುಪದರ ವಿನ್ಯಾಸ ಮಾಡುವಾಗ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸುವ ವಸ್ತುಗಳ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕ, ದ್ಯುತಿ ದಪ್ಪ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕವನ್ನು (n_0) 1 ಎಂದು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಲೇಪಿಸಿದ ತೆಳು ಪದರದ ಒಟ್ಟಾರೆ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕವು (n_f), ಗಾಜಿನ ವಕ್ರೀಭವನ ಸೂಚ್ಯಾಂಕದ (n_s) ವರ್ಗ ಮೂಲಕ್ಕೆ ಸಮನಾದಾಗ ಅತಿಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಸರಣವನ್ನು ಪಡೆಯಬಹುದು.

ವಿಶಾಲ ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸರಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾದಾಗ ಅನೇಕ ತೆಳು ಪದರಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಮೇಲೊಂದರಂತೆ ಲೇಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.



ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ ಬಹು ದೂರದಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಕಾರಿಯ ಮೇಲೆ ಸಂಗಮವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ ಲೇಪನ ಹೊಂದಿದ ಮಸೂರಗಳು ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರವಹಿಸುತ್ತವೆ.

5.3 ಬೆಳಕಿನ ಹೀರುವಿಕೆಯ ಲೇಪನ (High Absorber Coating)

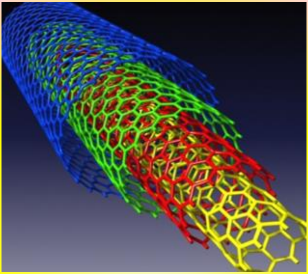
ಚದುರಿದ ಹಾಗೂ ಅನಗತ್ಯ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳು ಮಸೂರ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (lens assembly), ದ್ಯುತಿ ಸೋಸುಕ (optical filter) ಮತ್ತು ಇತರೆ ಅನೇಕ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳ ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾದುಹೋಗಿ ಪತ್ತೆಕಾರಿಯನ್ನು (detector) ತಲುಪದಂತೆ ತಡೆಯುವ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಅನೇಕ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಪ್ರತಿಫಲನವೂ ಅತ್ಯಂತ ಕಡಿಮೆ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡೂ ಮಾನದಂಡಗಳನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಉಪಕರಣಗಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವಂತಹ ತೆಳು ಪದರಗಳ ಲೇಪನವನ್ನು ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಪನಗಳು ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವುದರ ಜೊತೆ ಜೊತೆಗೆ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಅವಗೆಂಪು ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆ ಯನ್ನು (infrared emissivity) ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

ನಿರ್ವಾತ ಲೇಪನದ ಮೂಲಕ ಲೋಹ ಮತ್ತು ಆಕ್ಸೈಡ್ ಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಬಹು ಪದರಗಳು ದೃಗ್ಗೋಚರ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಸರಿಸುಮಾರು 98 % ಹೀರಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಹೊಂದಿವೆ. ಆದರೆ ನೇರಳಾತೀತ ಮತ್ತು ಅವಗೆಂಪು ತರಂಗದ ಬೆಳಕನ್ನು ಈ ಲೇಪನಗಳು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಬಹು ಪದರ ಲೇಪನಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನವು ಒಳ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನ ಕೋನಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಕೋನಗಳಲ್ಲಿ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಬಣ್ಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನವನ್ನು ನಾವು ಕಾಣಬಹುದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಲೇಪನಗಳು ಕೆಲವು ನಿಗದಿತ ಬಳಕೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಸೀಮಿತಗೊಂಡಿವೆ.

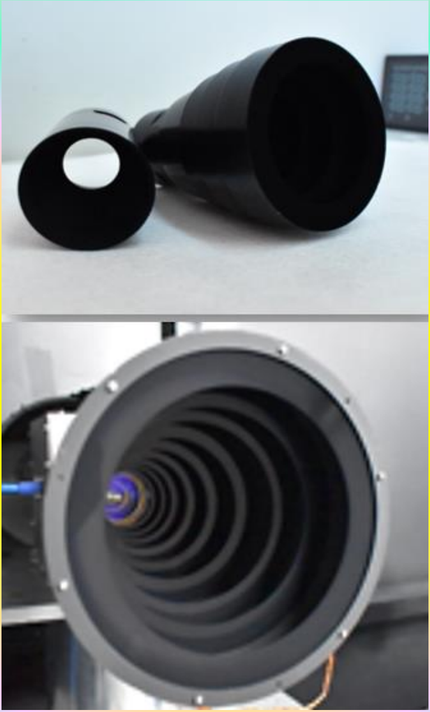
ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಟ್ಯೂಬ್ (ಸಿ. ಎನ್. ಟಿ.) ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಹೀರುವಿಕೆಯ (very high absorber) ಲೇಪನವನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಲೇಪನವು ವಿಶಾಲರೋಹಿತದಲ್ಲಿ ಸರಾಸರಿ 99.5 % ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೀರುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಪನದಲ್ಲಿ ಸಿ. ಎನ್. ಟಿ. ಪದರದ ದಪ್ಪವು 100 ಮೈಕ್ರೋ ಮೀಟರ್

ಅಸುಪಾಸಿನಲ್ಲಿದ್ದು, ಲೇಪನ ಮಾಡಲು ಯಾವುದೇ ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕದ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಸಿ. ಎನ್. ಟಿ. ಮಿಶ್ರಿತ ರಾಸಾಯನಿಕ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಸಿಂಪಡಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಲೇಪನವನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಟ್ಯೂಬ್



ಇಂಗಾಲದ ಬಹುರೂಪಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದಾಗಿರುವ ಇವುಗಳು ಕೊಳವೆಯಾಕಾರದಲ್ಲಿದ್ದು ವ್ಯಾಸ ನ್ಯಾನೋ ಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ಉದ್ದ ಮೈಕ್ರೋ ಮೀಟರ್ ಇರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳು ಅತಿವಿಶಿಷ್ಟ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದು ವಿವಿಧ ಕಾರ್ಯಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಯಾಗುತ್ತಿವೆ.



ಬಾಧಕದ ಒಳ ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕಿನ ಅತಿ
ಹೀರುವಿಕೆಯ ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಟ್ಯೂಬ್ ಲೇಪನ

5.4 ದ್ಯುತಿ ಸೋಸುಕ ಲೇಪನ (Optical Filter Coating)

ನಮಗೆ ವಸ್ತುಗಳು ಹೇಗೆ ಗೋಚರಿಸುತ್ತವೆ? ವಸ್ತುಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವುದರಿಂದ ಅವು ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣುಗಳಿಗೆ ಗೋಚರಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಎಲೆ ಹಸಿರು ಬಣ್ಣವನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವುದರಿಂದ ಹಸಿರಾಗಿ, ಮಣ್ಣು ಕಂದು/ ಕೆಂಪು ಬಣ್ಣವನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವುದರಿಂದ ಕಂದು/ ಕೆಂಪಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹದಲ್ಲಿನ ದೂರಸಂವೇದನಾ ಉಪಕರಣಗಳು ವಿವಿಧ ಬಣ್ಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಬೆಳಕನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ದ್ಯುತಿ ಸೋಸುಕಗಳನ್ನು ಬಳಸುತ್ತವೆ.

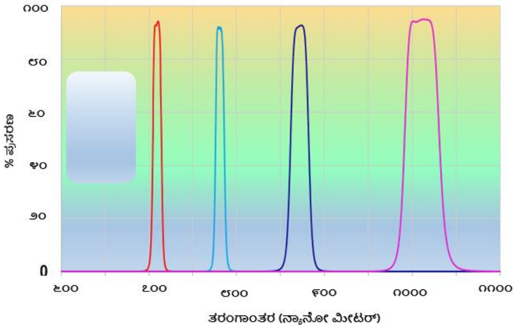
ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿನ ಸೋಸುವಿಕೆಗೆ ಗಾಜಿನ (ಸ್ಫಟಿಕ/ ಬಣ್ಣದ ಗಾಜು ಇತ್ಯಾದಿ) ಹಾಗೂ ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳ ಸೋಸುವಿಕೆಗೆ ಸಿಲಿಕಾನ್/ ಜರ್ಮೇನಿಯಂ ತಳಾಧಾರಗಳ ಎರಡೂ ಬದಿಯಲ್ಲಿ ಬಹು ಪದರಗಳನ್ನು ಲೇಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಪನ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯು ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ದ್ಯುತಿ ಸೋಸುಕಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು ವಿನ್ಯಾಸಕ್ಕನುಗುಣವಾಗಿ ಸರಿಸುಮಾರು 40 ರಿಂದ 60 ರಷ್ಟು ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸೋಸುಕಗಳ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಕಡಿಮೆ ಹಾಗೂ ಹೆಚ್ಚು ವಕ್ರೀ**ಭವನ** ಸೂಚ್ಯಾಂಕದ ಡೈಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ವಸ್ತುವಿನ ಬಹು ಪದರಗಳನ್ನು ಒಂದಾದ ಮೇಲೆ ಒಂದರಂತೆ ಶೇಖರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

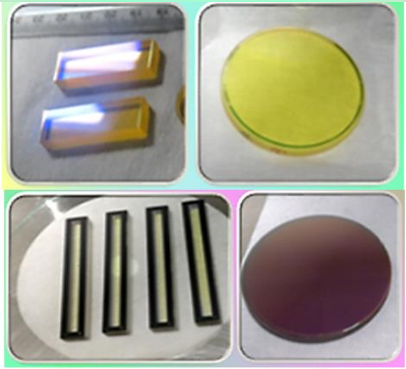
ಸೋಸುಕಗಳಲ್ಲಿ ಅಗಲ ಬಂಧದ ಸೋಸುಕ (wide band filter), ಕಿರು ಬಂಧ ಸೋಸುಕ (narrow band filter), ಉನ್ನತ ತರಂಗಾಂತರ ಸೋಸುಕ (high pass filter), ಕಡಿಮೆ ತರಂಗಾಂತರ ಸೋಸುಕ (low pass filter) ಎನ್ನುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿಧಗಳನ್ನು ಹೆಸರಿಸಬಹುದು. **ಚಿತ್ರ 6**ರಲ್ಲಿ ರೋಹಿತದ ನಾಲ್ಕು ಬಂಧಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡುವ ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧ ಸೋಸುಕಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧ, ಬಂಧದ ಅಗಲ, ಬೆಳಕಿನ ಸರಾಸರಿ ಪ್ರಸರಣ, ಅನಗತ್ಯ ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧದ

ತಡೆಯುವಿಕೆ ಮುಂತಾದ ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ತೆಳು ಪದರ ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಿದ ವ್ಯತಿಕರಣ ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕದಲ್ಲಿ ಲೇಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 6: ವಿದ್ಯುತ್–ಕಾಂತಿಯ ರೋಹಿತದ ನಾಲ್ಕು ಬಂಧಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡುವ ಸೋಸುಕಗಳು.



ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ದ್ಯುತಿ ಸೋಸುಕಗಳು

ಮಸೂರ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಒಳಗೊಂಡ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ (ಕ್ಯಾಮರಾ)

5.5 ಲೇಸರ್ ಹಾನಿ ತಡೆ ಲೇಪನ (Laser Damage Threshold Coating)

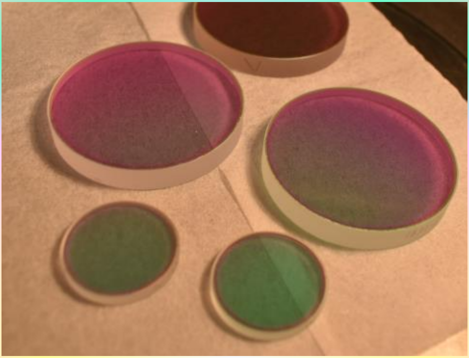
ಇತ್ತೀಚಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಆಧಾರಿತ ಪರಿಕರಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಗಾಜು ಮತ್ತಿತರ ತಳಾಧಾರಗಳು ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸುವ ತೆಳು ಪದರಗಳು ಎಷ್ಟರ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಲೇಸರ್ ಹಾನಿ ಮಿತಿ ಅಥವಾ ಲೇಸರ್ ಪ್ರಚೋದಿತ ಹಾನಿ ಮಿತಿ ತಡೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಎನ್ನುವುದು ಅತಿ ಮುಖ್ಯ.

ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಹಾನಿಯು ಲೇಸರ್ ತರಂಗಾಂತರ, ನಾಡಿ ಅವಧಿ (pulse duration), ಧ್ರುವೀಕರಣ, ಪುನರಾವರ್ತನೆಯ ದರ ಮತ್ತಿತರ ಪರಿಮಾಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಹಾನಿ ತಡೆ ಲೇಪನದ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯು ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪಿಸಲು ಬಳಸುವ ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕಗಳ ವಿಧ, ಲೇಪನದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ವಸ್ತುಗಳು, ತೆಳು ಪದರದ ವಿನ್ಯಾಸ ಮುಂತಾದವುಗಳ ಮೇಲೆ ನಿರ್ಧಾರಿತವಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಲೇಪನ ಮಾಡಿದ ದರ್ಪಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನವು 99.995% ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಹಾಗು ಹೀರುವಿಕೆಯು 0.005% ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರಬೇಕು. ಅದಕ್ಕಾಗಿ ಡೈಇಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ವಸ್ತುವಿನ ಬಹು ಪದರದ ಲೇಪನ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರ 7ರಲ್ಲಿ ಲೇಸರ್ ಹಾನಿ ತಡೆ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಟ್ಟ ಲೇಸರ್ ಪ್ರತಿಫಲಕವನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಚಿತ್ರದ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬರುವ ವೃತ್ತಾಕಾರವು ಲೇಸರ ಕಿರಣಗಳ ತಾಳಿಕೆ ಮಿತಿ

ಚಿತ್ರ 7: ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನದ ಮೇಲೆ ಉಂಟಾದ ಪರಿಣಾಮ.

ದಾಟಿದಾಗ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರಗಳು ಹಾನಿಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.



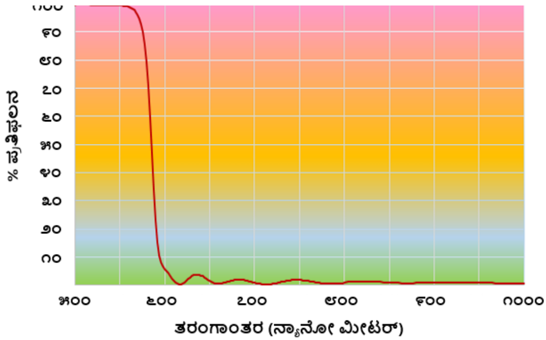
ಲೇಸರ್ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ದರ್ಪಣಗಳು ಮತ್ತು ಪ್ರಸರಿಸುವ ಮಸೂರಗಳು ಅತಿಕಡಿಮೆ ಹೀರುವಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಲೇಸರ್ ಒಳಗೊಂಡ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಸೋಸುಕಗಳ ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯು ಲೇಸರ್ ಬಂಧ ವ್ಯಾಪ್ತಿಗೆ ಸರಿಸಮವಾಗಿ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

5.6 ದ್ವಿವರ್ಣ ದರ್ಪಣ/ ಕಿರಣ ಭೇದಕ ಲೇಪನ (Dichroic Mirror/ Beam Splitter Coating)

ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಬೆಳಕಿನ ಕೆಲವು ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಇನ್ನುಳಿದವುಗಳನ್ನು ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕನ್ನು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಿ ಅವಗೆಂಪು ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡಬೇಕಾದಾಗ ದ್ವಿವರ್ಣ ದರ್ಪಣ/ ಕಿರಣ ಭೇದಕ ಲೇಪನ ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಲೇಪನಗಳು ಕೆಲವು ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತವೆ ಹಾಗೂ ಕೆಲವು ತರಂಗಾಂತರದ ಬೆಳಕನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸರಿಸುತ್ತವೆ. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಚಿತ್ರ 8ನ್ನು ಗಮನಿಸಿ, ಇಲ್ಲಿ 550 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಪ್ರತಿಫಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ ಹಾಗೂ 600 ನ್ಯಾನೋಮೀಟರಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಿನ ತರಂಗಾಂತರಗಳು ಪ್ರಸರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ಈ ಲೇಪನಗಳು ಅನೇಕ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉನ್ನತ ತರಂಗಾಂತರ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ತರಂಗಾಂತರ ಸೋಸುಕ ಲೇಪನಗಳು ಎಂದೆನಿಸಿದರೂ, ಇವುಗಳನ್ನು 45° ಕೋನದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವುದರಿಂದ ವಿನ್ಯಾಸದ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಕೋನ, ದ್ರುವೀಕರಣ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 8: ಕಡಿಮೆ ತರಂಗಾಂತರ ಪ್ರತಿಫಲನ ಮತ್ತು ಉನ್ನತ ತರಂಗಾಂತರ ಪ್ರಸರಣ ಮಾಡುವ ಕಿರಣ ಛೇದಕ ಲೇಪನ.

6. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ

ಭಾರತ ಮುಂದಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಕೈಗೊಳ್ಳುವ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಯೋಜನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಿಮ್ಮೆಲ್ಲರಿಗೂ ಗೊತ್ತಿರಬಹುದು. ಗಗನಯಾನ ಮತ್ತು ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ನಿಲ್ದಾಣ ಯೋಜನೆಗಳು ಇದರಲ್ಲಿ ಸೇರಿವೆ.

ಗಗನನೌಕೆಗಳು ಗಗನಯಾನಿಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವರು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಉಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು ಅಗತ್ಯವಿರುವ ಸರಕುಗಳನ್ನು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುತ್ತವೆ. ಗಗನನೌಕೆಗಳು, ಗಗನಯಾನಿ ಘಟಕಗಳು ಮತ್ತು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು (ಬಾನ್ದಾಣ) ಸದಾ ಮುಚ್ಚಿರುವ ಕಿಟಕಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಈ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು ಗಾಜಿನಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು ಅವುಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವೀಕ್ಷಣೆ, ದೂರಸಂವೇದನೆ, ಚಿತ್ರಗ್ರಹಣ ಇತ್ಯಾದಿ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಿದ ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನಗಳನ್ನು

ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಪನಗಳು ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಗಗನಯಾನಿಗಳಿಗೆ ವಿಕಿರಣದಿಂದ ಸಂರಕ್ಷಣೆ ನೀಡುವುದಲ್ಲದೆ, ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ಬಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳು (ಕಿಟಕಿಗಳು)

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣಗಳು ಮತ್ತು ಗಗನನೌಕೆಗಳಲ್ಲಿನ ವೀಕ್ಷಣಾಕಿಂಡಿಗಳ ಗಾಜಿನ ಪದರಗಳು ಅವಶ್ಯಕತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ವಿವಿಧ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

7. **ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಅರ್ಹತಾ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳು** (Space Qualification/ Acceptance Tests)

ಇಲ್ಲಿಯವರೆಗೆ ವಿವಿಧ ದ್ಯುತಿ ಲೇಪನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಂಡೆವು. ಈ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಬೇಕಾದರೆ ವಿವಿಧ ಅರ್ಹತಾ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಭಾಗಗಳ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸಿರುವ ತೆಳು ಪದರಗಳು ಉಡಾವಣಾ ಪರಿಸರ ಮತ್ತು ಕ್ಲಿಷ್ಟಕರವಾದ ನಿರ್ವಾತದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಪನಗಳು ವಿವಿಧ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ತೇರ್ಗಡೆಯಾದರೆ ಮಾತ್ರ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಕಳುಹಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಲೇಪಿಸಿದ ತೆಳು ಪದರಗಳು ತಳಾಧಾರದ ಮೇಲೆ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾಗಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಸಂಲಗ್ನತ್ವ ಮತ್ತು ಅಪಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ತದನಂತರ ಅವುಗಳನ್ನು ಆರ್ದ್ರತೆ, ಉಷ್ಣ ನಿರ್ವಾತ, ಶೀತೋಷ್ಣಾಘಾತ ಆವರ್ತನ, ದೀರ್ಘಾವಧಿಯ ಶೀತೋಷ್ಣ,

ವಿಕಿರಣ ಮುಂತಾದ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಪರೀಕ್ಷೆಗಳ ಸಂಕ್ಷಿಪ್ತ ವಿವರಗಳನ್ನು ಕೋಷ್ಟಕ–1 ರಲ್ಲಿ ಪಟ್ಟಿ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

ಕೋಷ್ಟಕ –1

ಪರೀಕ್ಷೆಗಳು	**ಪರೀಕ್ಷೆಯ ಪರಿಮಾಣಗಳು/ ಸ್ಥಿತಿಗಳು***
ಆರ್ದ್ರತೆ	ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆ: 95 %, ಉಷ್ಣತೆ: 50 °C, ಅವಧಿ: 24 ತಾಸು
ಉಷ್ಣ ನಿರ್ವಾತ	ಉಷ್ಣತೆ: + 70 °C ನಿಂದ −25 °C, ನಿರ್ವಾತ: 10^{-5} ಮಿಲಿಬಾರ್, ಅವಧಿ: 12 ತಾಸು, ಆವರ್ತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ: 5
ಶೀತೋಷ್ಣಾಘಾತ ಆವರ್ತನ	ಉಷ್ಣತೆ: +70 °C ನಿಂದ – 25 °C, ಅವಧಿ: 5 ನಿಮಿಷ,

	ಆವರ್ತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ: 500
ದೀರ್ಘಾವಧಿ ಶೀತೋಷ್ಣ	ಉಷ್ಣತೆ: +70 °C ನಿಂದ −50 °C, ಅವಧಿ: 24 ತಾಸು, ಆವರ್ತಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ: 5
ವಿಕಿರಣ ಪರೀಕ್ಷೆ	ಗಾಮಾ ವಿಕಿರಣದ ಒಟ್ಟು ಪ್ರಮಾಣ: 15 ಕಿಲೋ ರೇಡ್ (krad)

*ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ. ಉಪಕರಣಗಳು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ಅವಧಿ ಕಕ್ಷೆ, ಉಷ್ಣತೆಯಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ವಿವಿಧ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳ ಪರಿಮಾಣಗಳು ಬದಲಾಗುತ್ತವೆ.

8. ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದಲ್ಲಿ/ ಲಿಯೋಸ್ ನಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ನಡೆದು ಬಂದ ದಾರಿ

ಕಳೆದ 50 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಿರುವ ತೆಳು ಪದರಗಳ ಹಿನ್ನೋಟವನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ ಸವೆಸಿದ ದಾರಿಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಹೊಸ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಬಳಕೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಇಸ್ರೋ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರದ ಆರಂಭದ ದಶಕದಲ್ಲಿ ಅಂದಿನ ಸಂವೇದಕ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ (ಈಗಿನ ಲಿಯೋಸ್) ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗೆ ಉಷ್ಣ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ಹಾಗೂ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್ ಕಿರಣದಿಂದ ಭಾಷ್ಪೀಭವನ ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕಗಳು ಮಾತ್ರ ಲಭ್ಯವಿದ್ದವು. ಆ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಫಲಕ ಲೇಪನ, ಪ್ರತಿಫಲನ ತಡೆ/ ವಿರೋಧಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲಾಯಿತು.

ಎರಡು ದಶಕಗಳ ನಂತರ ಅತಿಹೀರುವಿಕೆಯ ಲೇಪನ, ದೊಡ್ಡ ವ್ಯಾಸದ (1.2 ಮೀಟರ್ ವರೆಗಿನ) ದರ್ಪಣಗಳ ತಯಾರಿಕೆ ಮತ್ತು ಆಯಾನ್ ಕಿರಣ ನೆರವು ಪಡೆದ ದರ್ಪಣಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ಹೆಚ್ಚಿಸುವಂತಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಗೊಂಡಿತು. ಕಳೆದ 10–15

ವರ್ಷಗಳಿಂದೀಚೆಗೆ ಅಗಲ ಬಂಧದ ಸೋಸುಕ, ಲೇಸರ್ ಹಾನಿ ತಡೆ ಲೇಪನ, ದ್ವಿವರ್ಣ ದರ್ಪಣ/ ಕಿರಣ ಭೇದಕ ಲೇಪನ, ನೇರಳಾತೀತ ಮತ್ತು ಅವಗೆಂಪು ತರಂಗಾಂತರಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಲೇಪನ ಸಿದ್ಧಗೊಂಡವು. ಇತ್ತೀಚಿನ 2 ರಿಂದ 3 ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಹೊಸ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಅತಿಹೀರುವಿಕೆಯ ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಟ್ಯೂಬ್ ಲೇಪನ, ಕಿರು ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧದ ಸೋಸುಕ, ಲೇಸರ್ ಉಪಕರಣಗಳಿಗಾಗಿ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಯಿತು.

ಕಳೆದ 5 ದಶಕಗಳಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ಲೇಪನ ಹೊರತಾಗಿ, ನೇರವಾಗಿ ಉಪಗ್ರಹ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಪೇಲೋಡ್ ಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ನಿಯಂತ್ರಣಕ್ಕೆ ಬಳಸುವ ರೇಡಿಯೋ ತರಂಗ ಪ್ರಸರಣ ಲೇಪನ, ಬಹು ಪದರದ ರೋಧಕಗಳಲ್ಲಿನ (multi-layer insulator-MLI) ಕೇಪ್ಟಾನ್ (ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಲೇಪಿತ) ಹಾಳೆಗಳ ಮೇಲೆ ಪಾರದರ್ಶಕ ವಾಹಕ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಉಷ್ಣತೆ ವೈಪರೀತ್ಯದ ಹೊರತಾಗಿಯೂ ಕೆಲವು ಪೇಲೋಡ್ ಗಳ

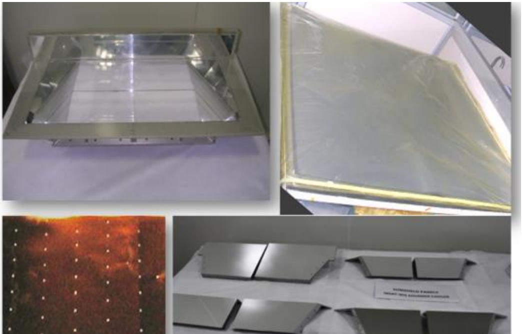
ಉಷ್ಣತೆಯು ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿ 100 ± 10 °C ಇರುವಂತೆ ನೋಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಹೊರಸೂಸುವ ಮತ್ತು ಕಡಿಮೆ ಹೀರುವ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ತಯಾರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಈ ಲೇಪನವನ್ನು ಸೌರ ಗುರಾಣಿ (sun shield panel) ಮೇಲ್ಮೈ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸುವ ಮೂಲಕ ಅವುಗಳ ಹೊರಸೂಸುವಿಕೆ 0.03 ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಫಲನ ಪ್ರತಿಶತ 99 ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. **ಚಿತ್ರ 9ರಲ್ಲಿ** ಉಪಗ್ರಹ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಪೆಲೋಡ್ ಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ನಿಯಂತ್ರಣಕ್ಕೆ ಬಳಸುವ ವಿವಿಧ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ತಯಾರಿಸುವ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವು ಸ್ವಚ್ಛ ಕೊಠಡಿಯಾಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞರು ಅದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕುದಾದ ದಿರಿಸುಗಳನ್ನು ಧರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಸ್ವಚ್ಛ ಕೊಠಡಿ

ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಮಾಡುವ ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕಗಳು ಹಾಗೂ ಮತ್ತಿತರ ಸಹಾಯಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳು ಇರುವ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯವು ಸ್ವಚ್ಛ ಕೊಠಡಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿವಿಧ ಗಾತ್ರದ ಕಣಗಳನ್ನು ಅವಶ್ಯಕತೆಗೆ ತಕ್ಕಂತೆ ನಿಯಂತ್ರಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಅನಾವಶ್ಯಕ ಗಾಳಿಯ ಕಣಗಳು ತಳಾಧಾರಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವಾಗ ಅವುಗಳ ಮೇಲೆ ಶೇಖರಣೆಗೊಂಡು ತೆಳು ಪದರಗಳು ಹಾನಿಗೊಳಗಾಗುವುದನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ದೀರ್ಘಕಾಲ ಬಳಸಬಹುದು.

ಮುಂಬರುವ ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಸುಧಾರಿತ ನಿರ್ವಾತ ಘಟಕ ಹಾಗೂ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಗಳನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಅತ್ಯಂತ ಕಿರಿದಾದ ತರಂಗಾಂತರ ಬಂಧದ ಸೋಸುಕ, ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ ಒಂದೇ ತಳಾಧಾರದಲ್ಲಿ ಬಹು ತರಂಗಾಂತರ ಲೇಸರ್ ದರ್ಪಣಗಳು, ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಮಾನವ ಸಹಿತ ನೌಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಳಕೆಗೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ವಿವಿಧ ಲೇಪನಗಳನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸುವ ನಿಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಕೆಲಸಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ.



ಚಿತ್ರ 9: ಉಪಗ್ರಹ ಹಾಗೂ ಅವುಗಳ ಪೆಲೋಡ್ ಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣ ನಿಯಂತ್ರಣಕ್ಕೆ ಬಳಸುವ ವಿವಿಧ ಲೇಪನಗಳು

9. ಉಪಸಂಹಾರ

ನಿಸರ್ಗ ನಮ್ಮೆಲ್ಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ತವರು. ಅದು ತನ್ನ ಒಡಲಲ್ಲಿ ಅನೇಕಾನೇಕ ಗುಟ್ಟುಗಳನ್ನು ಬಚ್ಚಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿದೆ. ಮಾನವನ ಪ್ರಯೋಗಶೀಲ ಮನೋಭಾವದ ಬೆಳವಣಿಗೆಯಿಂದ ನಿಸರ್ಗದ ಸೋಜಿಗಗಳನ್ನು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಲು, ರಹಸ್ಯಗಳನ್ನು ಭೇದಿಸಲು ಅನೇಕ ಅಧ್ಯಯನಗಳು, ಹೊಸ ಹೊಸ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದವು. ತೆಳು ಪದರವನ್ನು ಗಾಜಿನ ಮೇಲೆ ಲೇಪಿಸಿದಾಗ ಗಾಜಿನ ಮೂಲ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ವ್ಯತಿಕರಣ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆಯ ಮೂಲಕ ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದು ಎಂದು ಸಂಶೋಧಿಸಿದ ಬಳಿಕ ಹೊಸ ಹೊಸ ಆವಿಷ್ಕಾರಗಳು ನಡೆದವು.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣ/ ಭಾಗಗಳ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಬಹು ಮುಖ್ಯವಾಗಿದ್ದು, ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಣೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ರೀತಿಯ ಲೇಪನಗಳನ್ನು

ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಲೇಪನಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಸರಳವಾಗಿ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ನೀಡಲಾಗಿದೆ.

ಉಪಗ್ರಹ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಾ ಚಿತ್ರ ಗ್ರಹಿಸುವ ಕ್ಯಾಮರಾಗಳಲ್ಲಿ, ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಸಂವೇದಕಗಳಲ್ಲಿ, ಚಂದ್ರನಲ್ಲಿ ಇಳಿಯಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ, ಎಲ್ಲೆಡೆ ಬೇಕು ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ. ಅನೇಕ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳ ಬಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಉತ್ತಮ ಪಡಿಸುವಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ತೆಳು ಪದರದ ಪಾತ್ರ ಮಹತ್ವದ್ದಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರವೆಂದರೇನು? ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಏಕೆ ಬೇಕು? ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಹೇಗೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ? ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನದ ವಿಧಗಳು ಯಾವುವು? ಎನ್ನುವುದರ ಬಗ್ಗೆ ಸಚಿತ್ರ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಪುಸ್ತಕ ಓದುತ್ತಿರುವಾಗ ಕಂಡುಬರುವ ಕೆಲವು ಶಬ್ಧ ಅಥವಾ ಶಬ್ಧ ಗುಚ್ಛಗಳಿಗೆ (ಉದಾಹರಣೆಗೆ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳು, ನೇರಳಾತೀತ ಮತ್ತು ಅವಗೆಂಪು ಕಿರಣಗಳು, ಭಾಷ್ಪೀಭವನ, ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಟ್ಯೂಬ್

ಇತ್ಯಾದಿ..) ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಚಿಕ್ಕದಾದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಒಳಗೆ ಸರಳವಾಗಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ.

ಯಾವುದೇ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಸ್ತುತಪಡಿಸದೆ ಸರಳವಾಗಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಉಪಯೋಗಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಸ್ರೋ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ/ಲಿಯೋಸ್ ನಲ್ಲಿ ದ್ಯುತಿ ಲೇಪನ ನಡೆದು ಬಂದ ದಾರಿಯ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನೂ ಈ ಹೊತ್ತಿಗೆಯಲ್ಲಿ ನೀಡಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಓದಿ, ಇಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿರುವ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನದ ಒಂದು ಭಾಗವಾಗಿರುವ ತೆಳು ಪದರ ಬಗ್ಗೆ ಕಿರಿಯರು ಆಸಕ್ತಿಬೆಳೆಸಿಕೊಂಡು, ಮುಂದಿನ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಿನ ಅಧ್ಯಯನದಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತಾದರೆ ಲೇಖಕರ ಶ್ರಮ ಸಾರ್ಥಕವಾದಂತೆ.

ಟಿಪ್ಪಣಿ

ಟಿಪ್ಪಣಿ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2025ರ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು

1. ಉಪಗ್ರಹ ಉಪಯೋಗಗಳು: ಡಾ. ಬೆ ರಾ ನಾಗೇಂದ್ರ
2. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೋದನ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ: ಶ್ರೀದೇವಿ ಭಟ್
3. ಉಪಗ್ರಹದ ದ್ಯುತಿ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ತೆಳು ಪದರ ಲೇಪನ: ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ
4. ಸ್ವಚ್ಛ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದತ್ತ ಹೆಜ್ಜೆಗಳು– "ಸ್ವಯಂ ವಿನಾಶಕಾರಿ ಉಪಗ್ರಹ": ಸುಚೇತ. ಕೆ. ಹೆಚ್ ಮತ್ತು ರೂಪಾಲಿ ಸಾಹು
5. ಕ್ಷುದ್ರಗ್ರಹಗಳು – ಒಂದು ಕಿರುಪರಿಚಯ: ಸೌಭಾಗ್ಯ
6. ಡಾ. ಕೆ. ಕಸ್ತೂರಿರಂಗನ್ (ಗುರು, ವಿಜ್ಞಾನಿ, ಸಂಶೋಧಕ, ಚಿಂತಕ, ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕ): ಸುಮ ಎಸ್ ಲೊಂಕಡಿ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಭಾ ಹೆಬ್ಬಾರ್ ಪಿ
7. ಡಾ॥ ವಿಠ್ಠಲ ರಾಮಚಂದ್ರ ರಾವ್ – ನುಡಿ ನಮನ: ಕಾತ್ಯಾಯಿನಿ
8. ಅಂತರಿಕ್ಷ ರಸಪ್ರಶ್ನೆ–1: ಇಸ್ರೊ: ಡಾ. ಆನಂದ ಎಸ್

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2023ರ

ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು

1. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪ್ರವಾಸ: ಡಾ. ಬೆ ರಾ ನಾಗೇಂದ್ರ
2. ಚಂದ್ರಯಾನ್–3: ಡಾ. ಆನಂದ ಎಸ್
3. ವಜ್ರಗ್ರಹ–55 ಕ್ಯಾನ್ಕ್ರಿ ಇ: ಶ್ರೀಮತಿ ಪುಷ್ಪಾಂಜಲಿ ಮತ್ತು ಕುಮಾರಿ ರೂಪಾಲಿ ಸಾಹೂ
4. ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕಗಳು: ಡಾ.ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ
5. ಪ್ರೊ. ಯು ಆರ್ ರಾವ್ – ಭಾರತದ ಉಪಗ್ರಹ ಪಿತಾಮಹ: ಶ್ರೀ ಬಿ ಎಸ್ ಪ್ರಸಾದ್
6. ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು:
   ಶ್ರೀ ಜಯಸಿಂಹ ಪಿ ಮತ್ತು ಶ್ರೀ ಕೆ ವಿ ಮುರಲೀಧರ
7. ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹ ನಿಯಂತ್ರಣ – ಏಕೆ? ಹೇಗೆ?:
   ಶ್ರೀಮತಿ ಶ್ರೇಯಲಾ ರತ್ನಾಕರ್
8. ಮಾನವನ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಯಾನ: ಎಸ್ ರಾಜೇಶ ಕುಮಾರ್
9. ಉಪಗ್ರಹಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕ! ಏಕೆ ? ಹೇಗೆ?:
   ಶ್ರೀಮತಿ ಸುಮನ್ ಆರ್ ವಾಲ್ಕೆ
10. ನಮ್ಮ ಸೌರಮಂಡಲದ ಗ್ರಹಗಳು: ಶ್ರೀಮತಿ ಅರ್ಪಿತಾ ಕುಮಾರಿ ಕೆ
11. ಗಗನಯಾನಿಯ ಆರೋಗ್ಯ: ಡಾ. ಅರವಿಂದ ಕುಮಾರ್ ಎಂ
12. ನ್ಯಾನೋ ಸ್ಯಾಟಲೈಟ್ಸ್ (ಪುಟಾಣಿ ಉಪಗ್ರಹಗಳು):
    ಶ್ರೀ ಸುರೇಶ್ ಕುಮಾರ್ ವಿ ಮತ್ತು ಶ್ರೀಮತಿ ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2022ರ ಪ್ರಕಟಣೆಗಳು

1. ಇಸ್ರೊ–ಸಾಧನೆಯ ಹಾದಿಯಲ್ಲಿ: ಡಾ. ಬೆ ರಾ ನಾಗೇಂದ್ರ
2. ರಾಕೆಟ್–ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ರಹದಾರಿ: ಶ್ರೀ ಆನಂದ ಎಸ್
3. ಡಾ. ವಿಕ್ರಂ ಸಾರಾಭಾಯಿ: ಶ್ರೀಮತಿ ಪ್ರಿಯಾಂಕ ವಿ
4. ಪ್ರೊ ಸತೀಶ್ ಧವನ್ (ವಿಜ್ಞಾನಿ, ಗುರು, ಸಂಶೋಧಕ, ಚಿಂತಕ, ಮಾರ್ಗದರ್ಶಕ): ಶ್ರೀ ಪ್ರಸಾದ್ ಬಿ ಎಸ್
5. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ತ್ಯಾಜ್ಯ: ಶ್ರೀ ಶಿವಪ್ರಕಾಶ್ ಬಿ
6. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನಿಲ್ದಾಣ: ಶ್ರೀಮತಿ ಉಮಾ ಬಿ ಆರ್
7. ಧೂಮಕೇತುಗಳು–ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಅನಿರೀಕ್ಷಿತ ಅತಿಥಿಗಳು: ಶ್ರೀಮತಿ ಸೌಭಾಗ್ಯ

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ

ಸಂಪಾದಕೀಯ ಸಮಿತಿ

ಡಾ. ರಾಮನಗೌಡ ವಿ ನಾಡಗೌಡ ..ಅಧ್ಯಕ್ಷರು
ಶ್ರೇಯಲಾ ರತ್ನಾಕರ್ ..ಉಪಾಧ್ಯಕ್ಷರು
ರಮೇಶ ನಾಯ್ಡು ವಿ
ಜಯಸಿಂಹ ಪಿ
ಮುರಳೀಧರ ಕೆ ವಿ
ಡಾ. ಉಮಾ ಬಿ ಆರ್
ಡಾ. ನಾಗೇಂದ್ರ ಬೆ ರಾ
ಡಾ. ಆನಂದ ಎಸ್
ಚಂದ್ರಿಕಾ ಜಿ ಎಲ್
ಪ್ರಿಯಾಂಕ ವಿ
ಸೌಭಾಗ್ಯ
ಸಂಜೀವ್ ಕುಮಾರ್ ಕೆ ಎಸ್.
ಕಟ್ಟಿಮನಿ ಎಸ್ ಎಂ
ಪ್ರಶಾಂತ್ ಡಿ. ಬಾಗಲಕೋಟ್
ಪ್ರಸಾದ್ ಬಿ ಎಸ್
ಪ್ರಶಾಂತ್ ಎ ಆರ್
ಸುರೇಶ್ ಎಂ. ಹೆಬ್ಬಳ್ಳಿ
ಸೌರಭ್ ಗುಪ್ತ
ಚಂದ್ರಿಕಾ ಜಿ ಎಲ್
ಸುಮಾ ಉಮೇಶ್ ..ಕಾರ್ಯದರ್ಶಿ

ಡಾ. ಗಿರೀಶ ಮಂಜುನಾಥ ಗೌಡ ಇವರು ಇಸ್ರೋದ ವಿದ್ಯುತ್-ದ್ಯುತಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿ ಹಾಗೂ ತೆಳು ಪದರ ವಿಭಾಗದ ಮುಖ್ಯಸ್ಥರಾಗಿ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ ಬಳಸುವ ವಿವಿಧ ರೀತಿಯ ದ್ಯುತಿ ತೆಳು ಪದರಗಳ ಮೇಲೆ ಅಧ್ಯಯನ ನಡೆಸಿ ಪರಿಣಿತಿ ಪಡೆದಿರುವ ಇವರು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಕಾರ್ಬನ್ ನ್ಯಾನೋ ಟ್ಯೂಬ್ ಆಧಾರಿತ ತೆಳು ಪದರಗಳನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮತ್ತು ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮಟ್ಟದ ವಿವಿಧ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪತ್ರಿಕೆ ಮತ್ತು ಸಮಾವೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಎಪ್ಪತ್ತಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಕೆಲವು ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪತ್ರಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ವಿಮರ್ಶಕರೂ ಆಗಿದ್ದಾರೆ. ನಿಸರ್ಗದ ಛಾಯಾಗ್ರಹಣ ಇವರ ನೆಚ್ಚಿನ ಹವ್ಯಾಸವಾಗಿದ್ದು, ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಲೇಖನಗಳನ್ನು ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದು, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯ ತಿಳಿಸುವುದರಲ್ಲಿ, ಆಸಕ್ತಿ ಹೊಂದಿದ್ದಾರೆ.

ಬಾಲಬಾಲೆಯರಿಗೆ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ–2025

ಯು. ಆರ್. ರಾವ್ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು–17