

제 5회

연세대학교 기계공학과 대학원생 학술대회

2023년 10월 5일 (목요일)



연세대학교 공과대학 기계공학부

연세대학교 기계공학과 대학원생 학술대회 프로그램

▶ 2023년 10월 5일(목) 일정

시간 \ 장소	4공학관 로비	4공학관 로비	강의실 (D510, D404)	
09:00 - 10:00	포스터 발표 1 (포스터 부착)	DEMO 준비		
10:00 - 11:00	PP1-1, PP1-2, PP1-3, PP1-4 - 신재생에너지 및 기후변화 대응	DEMO		
11:00 - 12:00	- ICT융합형 미래스마트기기 - 핵심기계기술 - 공동융합연구			
신진 연구자 발표 (점심제공) 11:30 - 13:00			장소: D510	
			시간	발표자
			11:30 - 11:40	강병준
			11:40 - 11:50	고희진
			11:50 - 12:00	Ika Oktavia Suryani
			12:00 - 12:10	황순홍
			12:10 - 12:20	이동연
			12:20 - 12:30	Monu Nath Baitha
			12:30 - 12:40	남강식
13:00 - 14:00	포스터 발표 2 (포스터 부착)	DEMO 준비		
14:00 - 15:00	PP2-1, PP2-2, PP2-3 - 바이오헬스 및 정밀의료	DEMO		
15:00 - 16:00	- 인공지능기반 스마트팩토리 - 지능형 첨단 국방기술			
초청강연 16:00 - 17:00			장소: D404	
			연사: 이남규 교수님 (연세대학교 기계공학부) 강연 제목: 미래 국방 및 에너지 기기를 위한 차세대 열전달 기술 및 열설계 (Advanced heat transfer and thermal design for future defense and energy applications)	
17:00 - 17:30	Raffle & 시상			

※ 우수발표자에게는 시상을 통한 상장과 상품이 수여됩니다.

※ 초청강연 참가자에 한해 경품 추첨을 진행합니다.

구두 발표 (4공학관 D510)

[11:30 – 12:50]

구두발표

OP1-01	Biomimetic development of soft devices for energy and biomedical applications / Byungjun Kang*, Hyungsuk Lee*
OP1-02	Polymer film-based triboelectric nanogenerators for omnidirectional wind-energy harvesting / 고희진*, 김종백*
OP1-03	Optimization of dual phase change material mask for photolithography technology / Ika Oktavia Suryani*, Donghyun Kim*, Qi Zhou*, Shinill Kang*
OP1-04	공구경로의 가감속 계획을 활용한 공작기계 이송계의 궤적오차 예측 / 황순홍*, 이찬영*, 민병권*
OP1-05	A Versatile Wearable Robot with a Twisted String Actuator and a 2-Stage Transmission Mechanism for Military Operations / 이동연*, 이신영*, 신동준*
OP1-06	Control over photonic spin Hall effect under different incident polarization by using wave-guided method / Monu Nath Baitha*, Kyoungsik Kim*
OP1-07	금 나노로드 기반 플라즈모닉 PCR 을 통한 공기 중 인플루엔자 바이러스 신속 검출 / 남강식*, Piri Amin*, 최상수*, 정지우*, 황정호*

포스터 발표 1 (제4공학관 로비)

[10:00 – 12:00]

포스터발표 1

PP1-1-01	로테이팅-글라이딩 아크 플라즈마를 통한 메탄 건식 개질 연구 / 권형준*, 정승욱*, 송순호*
PP1-1-02	Establishment of AI-based Power Consumption Monitoring and Optimal Power Distribution System Using V2G Electric Vehicle Charger / Kibaek Kim*, Juwon Jung*, Dongwoo Ko*, Y. -J. Kim*
PP1-1-03	Ultrafine Water Condensation Particle Counter (UWCPC) based on a Lab-On-Printed Circuit Board (PCB) and 3D-printing combination technology for monitoring airborne nanoparticle generation and growth mechanisms / 유성준*, 김용준*
PP1-1-04	하이 니켈 기반 리튬 이온 배터리의 내부 소재 조합 분석을 통한 열폭주 반응 메커니즘 및 모델 연구 / 김민욱*, 전재영*, 홍종섭*
PP1-1-05	Biomimetic Reactive Oxygen Species (ROS) Scavenging System for Stability Enhancement of Thylakoid Membrane-Based Photosynthetic Biosolar Cells / JaeHyoungh Yun*, JongHyun Kim*, WonHyoungh Ryu*
PP1-1-06	고체산화물 수전해 스택의 내부 물질 및 반응 분포 분석을 통한 열화 개선 / 임장현*, 이우석*, 조준훈*, 홍종섭*
PP1-2-07	표면탄성파에 의해 유도된 회전형 유동에 의한 액틴 네트워크의 구조 재구성 / 김민서*, 강돈영*, 이형석*
PP1-2-08	Discretized phase modulated surface acoustic waves for particle alignment method / 박민형*, 이형석*
PP1-2-09	Acquiring mechanical properties of thin PDMS(Polydimethylsiloxane) membrane by water assisted tensile tester / 이주원*, 조혜선*, 김해진*
PP1-2-10	금 나노 시트 기반 고해상도 신축성 전극 개발 및 응용 / 정성식*, 조혜선*, 김해진*
PP1-3-11	티타늄 코팅에 따른 DLC 다층박막의 트라이볼로지적 특성 연구 / 강원빈*, 김대은*
PP1-3-12	고압 용기 내 가스 포화 온도에 따른 Poly methyl methacrylate 의 실시간 거동 확인 / 김관훈*, 홍진*, 권병철*, 차성운*
PP1-3-13	Lithium polysulfide generation analysis on lithium-sulfur battery during charge/discharge cycles / Se Young Kim*, Joon Sang Lee*
PP1-3-14	Machine Learned Model for Predicting the Specific Stiffness of Cubic Symmetric Lattice Structures / Seungjin Kim*, Sang Joon Lee*, Donggeun Park*, Keonwook Kang*
PP1-3-15	Prediction of fatigue life of composite steel Bonded joints using statistical methods / 김영빈*, 안효성*, 전흥재*
PP1-3-16	광학 센서를 적용한 전자기형 고속 레이저 조준기 구조 설계 / 김원목*, 박노철*
PP1-3-17	A novel approach for optimal feature selection in the field of human EMG sensors / Won-Joong Kim*, Inwoo Kim*, Soo-Hong Lee*
PP1-3-18	Analysis of Cooling Effectiveness with Vane-Shaped Pre-Swirl Nozzle Geometry Variations in Gas Turbine Secondary Air System / Juchan Kim*, Changhoon Lee*

PP1-3-19	균열 성장 기반 고압 액화 천연가스 배관의 심층 신경망 이상 탐지 및 통계적 추정 / 양다빈*, 이종수*
PP1-3-20	Domain-Adaptive Designable Data Augmentation and Virtual Data-Based Optimization to Improve Early-Stage Design Performance / 이한빛*, 이종수*
PP1-3-21	왕복 슬라이딩의 하중 제어 방식에 따른 마모 및 전기접촉저항 거동 비교 / 조형근*, 장일광*, 장용훈*
PP1-3-22	Modification of Sulfide/Metal Oxide Electronic Structure by In Situ Inclusion of Silver (Ag) Nanoparticles for Extrinsic Pseudocapacitor / Amar Patil*, 문선일*, 홍종우*, 강건욱*, 전성찬*
PP1-4-23	Extended Depth-of-Field Fluorescence Microscopy via Physics-Incorporated Jointly-learned Binary Phase Filter and Image Deconvolution / Younghun Kim*, Baekcheon Seong*, Woovin Kim*, Jong-Seok Lee*, Jeonghoon Yoo*, Chulmin Joo*
PP1-4-24	Untrained deep learning-based differential phase-contrast microscopy / INGYOUNG KIM*, BAEKCHEON SEONG*, TAEGYUN MOON*, MALITH RANATHUNGA*, DAESUK KIM*, CHULMIN JOO*
PP1-4-25	시계열 딥 러닝 네트워크를 활용한 실내 공기 부유 박테리아 농도 예측 / 김도현*, 신동민*, 황정호*

포스터 발표 2 (제4공학관 로비)

[14:00 – 16:00]

포스터발표 2

PP2-1-1	Development of 3D Printed Silk Fibroin Flexible Sensor Substrate and Mechanical Property Evaluation / Jaeho Kim*, En Shik Choi*, SeungHyun Park*, Hong Nam Kim*, WonHyoung Ryu*
PP2-1-2	High-resolution particle separation using inertial microfluidics for improvement of analytical accuracy in bio-applications of microbeads / 윤민정*, 현경아*, 박선영*, 정효일*
PP2-1-3	Design of Contact-free Vital Sign Monitoring System based on Machine Learning Algorithm / Eunjoo Chae*, Donghyun Kim*, Shinill Kang*
PP2-1-4	Morphological feature-based circulating tumor cell cluster classification using convolutional neural network-support vector machine / 하성민*, 박준현*, 김재증*, 현경아*, Tohru Kamiyac*, 정효일*
PP2-1-5	초미세 발포 박테리아 셀룰로오스의 마찰 및 마모 특성 / 홍진*, 한재호*, 유국현*, 김관훈*, 차성운*
PP2-1-6	Optimizing Thermal Reduction Techniques for Graphene Oxide in Next-Generation Sensor Applications / 황태종*, LIU TIANCI*, 전성찬*
PP2-1-7	Modality Hallucination model based improved skeletal classification using lateral facial photos / 유희진*, 김민지*, 김진우*, 최종은*
PP2-1-8	Mixed gas biomarker analysis of exhaled breath using ssDNA-graphene and artificial intelligence / 황윤지*, 유희진*, 이길호*, Iman Shackery*, 성진*, 정영모*, 성승현*, 최종은*, 전성찬*
PP2-2-9	Three-dimensional droplet evaporation predictions in temporal domain via physics-added neural networks / Soon Wook Kwon*, Hee Min Lee*, Seung Cheol Ko*, Jun Hong Kim*, Joon Sang Lee*
PP2-2-10	Geometric Analysis Algorithm based on Simulation Data and Neural Network for Nano Grating Structure using Mueller Matrix Spectroscopic Ellipsometry / NAGYEONG KIM*, JUWON JUNG*, YOUNG-JOO KIM*
PP2-2-11	허리 근력 보조 웨어러블 로봇의 학습 기반 제어 알고리즘 : 리프팅 작업에서의 허리 부상 예방과 작업 효율성 향상 / 김성훈*, 신동준*
PP2-2-12	The effect of atomic hydrogen on the behavior of a single dislocation of $\langle 111 \rangle \{112\}$ in bcc tungsten: atomistic study / 김형률*, 문순일*, 강건욱*
PP2-2-13	PCB 기판 진동 소음을 고려한 MLCC 실장 위치 선정에 관한 연구 / 박영진*, 김휘재*, 차진우*, 박노철*
PP2-2-14	Observation of the flow of Phosphoric acid in the semiconductor cleaning equipment and its impact on wafers using Ansys Fluent simulation / 신윤범*, 이창훈*
PP2-2-15	How AI and Robotics Can Build Furniture: A Case Study from the 2021 AI-Robot Assembly Challenge / 윤성섭*, 최명수*, 조민영*, 김근환*, 이동혁*, 전세웅*, 배지훈*, 신동준*
PP2-2-16	트라이볼로지 영역에서의 머신러닝/딥러닝 기법 활용 / 조형근*, 장일광*, 장용훈*
PP2-2-17	머신러닝을 활용한 공작기계 에너지 소비 예측 / 송원택*, 오인욱*, 황순홍*, 민병권*
PP2-2-18	마찰 모델 분리 및 목적함수 차원 저감을 통한 로봇 매니퓰레이터 모델 파라미터 고속 식별 / 임종민*, 이준수*, 이주형*, 민병권*
PP2-2-19	Magnetic Field Analysis for 6-DOF Screw-motion Permanent Magnet Synchronous Motor by 3-D Cylindrical Layer Model / 정상원*, 김재현*, 윤형민*, 윤준영*

PP2-3-20	확장 요철이 설치된 가스터빈 블레이드 전연면 냉각 유로 열전달 특성 / 김태현*, 김진훈*, 박희승*, 송호섭*, 문희구*, 조형희*
PP2-3-21	전투기 레이돔 적용을 위한 전파-적외선 동시 위장 유연 메타표면 / 남주영*, 장인중*, 임준수*, 우하늘*, 육종관*, 조형희*
PP2-3-22	Large area optically transparent frequency selective surface absorber for dual band millimeter-wave / IR stealth / 이진아*, 한기욱*, 심현보*, 한재원*
PP2-3-23	Comparative Analysis of Flow Simulations in the Rim Seal System of a Gas Turbine's Secondary Euro System: Fixed vs Roational Domain Approach and Steady vs. Unsteady State Predictions / 최한민*, 이창훈*
PP2-3-24	Ultra-thin Multispectral Radar-IR Frequency Selective Absorber for Unmanned Aerial Vehicles / 최현석*, 한재원*, 강건욱*

구두 발표

관련기술분야: 신재생에너지 및 기후변화대응, ICT 융합협 미래스마트기기, 공동 융합연구
UN 지속가능발전목표: 13. 기후변화 대응

Biomimetic development of soft devices for energy and biomedical applications

Byungjun Kang[†] · Hyungsuk Lee[†]

[†]School of Mechanical Engineering, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

Key Words: Biomimetics (생체모방), Soft Material (연성재료), Hydrogel (하이드로젤), Devices (장치), Acoustofluidics (음향유체)

초록: Human beings are facing with challenges, which are recently emerging and threatening our safety, such as global warming and population aging. Although researchers have extensively developed various engineering solutions to tackle these complications, we are still facing with complicated problems which cannot be resolved by conventional engineering approaches. Recent studies have suggested that the understanding of the operational principles of living organisms can provide valuable perspectives for overcoming these hurdles. Therefore, we present the biomimetic approach aimed at developing soft devices which can remarkably address the unsolved problems in energy and biomedical engineering fields and contribute to establish a safer society.

관련기술분야: 신재생에너지 및 기후변화대응
UN 지속가능발전목표: 12. 지속가능한 생산과 소비

Polymer film-based triboelectric nanogenerators for omnidirectional wind-energy harvesting

Hee-Jin Ko[†] · Jongbaeg Kim^{*}
School of Mechanical Engineering, Yonsei University

Key Words: Triboelectric nanogenerator(마찰전기 나노발전기), Wind energy(바람 에너지), Polymer film(폴리머 필름), Wind monitoring(바람 모니터링), Self-powered system(자가구동 시스템)

초록: Wind, as an abundant energy source in our surroundings, constantly varies in both speed and direction. Among various mechanical energy harvesters, triboelectric nanogenerators (TENGs), capable of utilizing diverse structures and materials, are being introduced for inconsistent mechanical energy such as wind. In this study, we demonstrate two wind-driven triboelectric nanogenerators (WTENGs) based on polymer films, designed to harvest mechanical energy from wind blowing in all directions. When subjected to wind input, the polymer structures deform under pressure, resulting in continuous vibrations for energy harvesting. Due to the low bending stiffness of these films, they are able to easily deform even at low wind speeds. Furthermore, both WTENGs consist of multiple electrodes arranged at regular intervals, enabling self-powered wind speed and direction monitoring.

관련기술분야: 인공지능기반 스마트팩토리
UN 지속가능발전목표: 12. 지속가능한 생산과 소비

Optimization of dual phase change material mask for photolithography technology

Ika Oktavia Suryani[†] · Donghyun Kim[†] · Qi Zhou[†] · Shinill Kang^{†*}

[†]Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Republic of Korea

Key Words: Photolithography, PCM mask, FZP array, Sub-diffraction optical aperture

초록: Nanoscale patterning using photolithography has become an active research area that focuses on small-line width patterning to support the integration of semiconductor technology. However, this system is far-field diffraction limited, consists of complex optical systems, and requires high-cost equipment. Utilizing the unique optical characteristic of Phase Change Material (PCM), we intended to produce a sub-diffraction optical aperture on PCM mask and use it for photolithography process to achieve small linewidth pattern formation on the photoresist. Optimization of the PCM mask structure is then becoming important to achieve the minimum pattern resolution possible. In this study, the optimization was conducted through numerical simulation by analyzing the power absorption, temperature distribution, and corresponding optical aperture formation on the PCM mask. To verify the performance of the optimized PCM mask, photolithography was conducted and a photoresist pattern with 39nm FWHM was obtained. Furthermore, this system could be extended to support a faster and larger area fabrication.

공구경로의 가감속 계획을 활용한 공작기계 이송계의 궤적오차 예측

황순홍* · 이찬영** · 민병권*†

†교신저자, *연세대 학교 기계공학과, **한국기계연구원

Key Words: Interpolation(보간), Machine tool simulation(공작기계 시뮬레이션), Tool path generation(공구경로 생성)

초록: 공작기계 이송계의 궤적 추종 성능은 가공 정확도를 결정하는 요인 중 하나이다. 정밀한 부품 가공을 위해서는 입력되는 파트 프로그램의 이송명령과 이송계의 실제경로 사이의 거리로 정의되는 궤적 오차의 예측이 중요하다. 궤적오차 예측을 위하여 공작기계 이송계 제어 시뮬레이션이 활용되는데, 기존 방법에서는 모든 보간점에 대하여 궤적오차를 계산하는 과정이 반복되므로 높은 연산 부하가 발생한다. 본 논문에서는 이송계 궤적오차 예측 시의 연산 부하를 저감하는 방법을 제안한다. 일반적으로 방향 변화가 발생하는 코너 부근 및 가감속 구간에서는 궤적오차 변화가 크게 발생하므로, 이러한 구간에서만 예측을 수행하면 연산 부하를 저감할 수 있다. 지령되는 저크 제한 공구경로와 각 축 별 제어 성능을 표현하는 전달함수를 결합하여 이송계 위치와 궤적오차의 일반해를 유도하였다. 실시간 제어기로 구동되는 이송계에서 실험을 수행하여 기존 및 제안한 방법의 궤적오차 예측 정확도와 예측에 소요된 시간을 비교하였다.

관련기술분야: 지능형 첨단 국방기술

UN 지속가능발전목표: 8. 좋은 일자리 확대와 경제성장

A Versatile Wearable Robot with a Twisted String Actuator and a 2-Stage Transmission Mechanism for Military Operations

이동언^{†*} · 이신영^{**} · 신동준^{*}

[†]. *연세대학교 기계공학과, **중앙대학교 기계공학과

Key Words: Soft wearable robot(소프트 웨어러블 로봇), Twisted string actuator(스트링 꼬임 구동기), 2-Stage transmission mechanism(2-스테이지 동력전달 매커니즘), Manual handling tasks(인력운반작업)

초록: With the advancement of technology, there has been a growing demand for various wearable robots to assist users' muscle power in both industrial and military fields. Despite the growing needs, it was essential for wearable robots to utilize electric motors with high gear ratios to satisfy the heavy load requirements of manual handling tasks during military operations. Furthermore, supporting various human body parts during manual handling tasks necessitates multiple number of actuators to satisfy the distinct performance requirements of different body parts. Consequently, conventional wearable robots were composed of relatively heavy and rigid structures, which further limited the implementation of wearable robots. To address these challenges, we propose a versatile wearable robot with a twisted string actuator with a 2-stage transmission mechanism to assist manual handling tasks. Because twisted string actuators are composed of synthetic fibers, a lightweight, soft wearable can be realized, while considering user comfort during various military operations (e.g., casualty evacuation, supply transportation, construction, etc.).

Control over photonic spin Hall effect under different incident polarization by using wave-guided method

Monu Nath Baitha and Kyoungsik Kim*

School of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722,
Republic of Korea

* email: kks@yonsei.ac.kr

Abstract: The incoming light's polarization has a significant impact on the photonic spin Hall effect (PSHE). Theoretical investigation of the enhanced photonic spin Hall effect employing wave-guided surface plasmonic resonance (WG-SPR) is presented in this piece of work. To the best of our knowledge, this is the first study to achieve giant PSHE (G-PSHE) for both vertical and horizontal polarization modes of light using the surface plasmonic resonance effect. This research also highlighted the possibility of polarization-independent photonic spin Hall effect (PSHE) for all incidence angles. This study shows that the horizontal (H) and vertical (V) polarized PSHE will stay constant. This research also highlighted the possibility of polarization-independent PSHE (PI-PSHE) for all incidence angles. This is among the initial research to alter light's Spin-Orbit coupling to eliminate the polarization dependence of PSHE at all incidence angles. This study's findings open the door for future applications of novel polarization-independent quantum devices and sensors.

Key Words: Photonic spin Hall effect (PSHE), surface plasmonic resonance (SPR), wave-guiding effect, Kretschmann configuration, ultrathin metal layer

금 나노로드 기반 플라즈모닉 PCR 을 통한 공기 중 인플루엔자 바이러스 신속 검출

남강식[†] · Piri Amin[†] · 최상수[†] · 정지우[†] · 황정호[†]

[†]연세대학교 기계공학과 나노에너지환경융합시스템 연구실

Key Words: PCR, 플라즈모닉, 인플루엔자 바이러스, 금나노로드, 현장진단

초록: 정확하고 빠르며 효율적인 진단 기술의 개발은 중요하다. 2019 년 시작된 코로나바이러스 (COVID-19) 팬데믹에 있어 초기 신속한 바이러스 검출은 빠른 대응을 가능하게 하여 발병을 억제하는데 도움이 된다. 전통적인 PCR 은 반응 온도를 설정하는데 펄티어 열사이클링을 사용한다. 그러나 펄티어 기반의 열사이클링 방법은 약 1-2 시간으로 매우 긴 시간이 소요된다. 최근 금속 나노 입자를 PCR 과 결합하여 열사이클링에 플라즈모닉 광열 효과를 이용한 연구가 진행되고 있다. 플라즈모닉 광열 효과는 금속 나노 입자에 의해 흡수된 빛이 열 에너지로 변환되는 현상이다. 본 연구에서는 공기 중 바이러스 액상 샘플링과 플라즈모닉 PCR 검출 시스템을 이용하여 공기 중 인플루엔자 바이러스의 신속하고 정확한 검출 방법을 제시하고자 한다.

포스터 발표

관련기술분야: 신재생에너지 및 기후변화대응

UN 지속가능발전목표: 7. 에너지의 친환경적 생산과 소비

로테이팅-글라이딩 아크 플라즈마를 통한 메탄 건식 개질 연구 (Dry reforming of methane in a rotating gliding arc plasma)

권형준[†], 정승욱^{*}, 송순호^{*}

[†] Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, South Korea

^{*} Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, South Korea

Key Words: Arc plasma (아크 플라즈마), Dry reforming of methane(메탄 건식 개질), Syngas Production(합성 가스 생산), Quenching (급냉)

초록: Rotating gliding arc (GA) plasma has attracted increasing interest in dry reforming of methane (DRM) for CO₂ utilization. Most DRM studies using GA plasma are conducted to improve energy efficiency by increasing the conversion of reactants. This study aimed to improve energy efficiency by increasing the selectivity of products, particularly that of H₂. To increase the selectivity of H₂, a quenching device (i.e., a quenching rod (QR)) was developed to protect H₂ from being consumed by suppressing the reverse water-gas shift (RWGS) reaction that is dominant in CO₂ and H₂ consumption in DRM processes. When the QR was applied, the conversion of CH₄ and CO₂ was reduced, while the selectivity and yield of H₂ and H₂O changed significantly, i.e., the yield of H₂ increased, and the yield of H₂O decreased. Owing to the increased yield of H₂, the energy efficiency and syngas cost were improved.

관련기술분야: 신재생에너지 및 기후변화대응

UN 지속가능발전목표: 7. 에너지의 친환경적 생산과 소비

Establishment of AI-based Power Consumption Monitoring and Optimal Power Distribution System Using V2G Electric Vehicle Charger

Kibaek Kim^{†,*}, Juwon Jung^{*}, Dongwoo Ko^{*}, Y.-J. Kim^{*}

^{*}School of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea

Key Words: AI, LSTM, Power Consumption Forecasting, Power Monitoring System, Optimal Distribution

초록: The demand for green energy increases as climate change such as global warming becomes severe and energy demand increases worldwide. Thus, policies to expand green energy infrastructure are also actively underway in countries around the world. This increase in demand for green energy is raising the need for technologies that are real-time forecasting power consumption in buildings. By constructing a model that can analyze and predict the power usage patterns of buildings, energy savings can be promoted by finding the optimal energy consumption method. It can also further improve the energy efficiency of buildings in conjunction with technologies such as renewable energy and smart buildings. In this study, a one-year consumption pattern of a specific building is learned using Long Short Term Memory (LSTM) artificial intelligence model to enable real-time power consumption prediction. Also, we present a self-developed software that can monitor power in real-time. By integrating these through simulation, a distributed power system, which can optimally reduce power peak and cumulative power usage, is examined based on predicted power usage and actual power usage.

관련기술분야: 신재생에너지 및 기후변화대응
UN 지속가능발전목표: 13. 기후변화 대응

Ultrafine Water Condensation Particle Counter (UWCPC) based on a Lab-On-Printed Circuit Board (PCB) and 3D-printing combination technology for monitoring airborne nanoparticle generation and growth mechanisms

유성재[†] · 김용준^{*}
연세대학교 기계공학과

Key Words: Ultrafine water condensation particle counter(초미세물응결입자계수기), 3D-printing(3D 프린팅), Printed Circuit Board(인쇄회로기판), Nanoparticles(나노입자), Multi-point monitoring(다지점 관측)

초록: In this study, we present an Ultrafine Water Condensation Particle Counter (UWCPC) developed by innovatively combining lab-on-Printed Circuit Board (PCB) and 3D-printing technologies. The combined lab-on-PCB and 3D-printing technology used for UWCPC development is an optimized method for manufacturing low-cost miniaturized microfluidic devices. Notably, high-precision, harmless nanoparticle measurements were realized using a sheath/sample air separator and a moderated water condensation method. This novel methodology provides a highly accurate, harmless, low-cost, miniaturized system for multipoint monitoring of airborne nanoparticles. Through quantitative laboratory experiments, we determined that our system was capable of counting particles 3.4 nm in diameter. In addition, the role and effect of the sheath flow were confirmed by measuring the particle counting efficiency according to the ratio of the sample and sheath flows. Finally, high concordance was confirmed through one-to-one comparison with an aerosol reference instrument in a wide particle number concentration range (0-57,000 $N \cdot cm^{-3}$).

하이 니켈 기반 리튬 이온 배터리의 내부 소재 조합 분석을 통한 열폭주 반응 메커니즘 및 모델 연구

김민욱^{*†} · 전재영^{*} · 홍종섭^{*}

^{*} 연세대학교 기계공학과

Key Words: Lithium-ion battery (리튬 이온 배터리), Thermal runaway (열폭주), High nickel-based cathode (하이 니켈 기반 양극), Reaction mechanism (반응 메커니즘), Reaction modeling (반응 모델)

기후 변화에 대응하기 위한 노력으로써 리튬 이온 배터리의 사용이 증가하면서 안전성 문제가 대두되고 있다. 열적/기계적/전기적 오용에 의해 배터리의 온도가 높아지면 내부 부반응이 발생하고 이어지는 가스 발생으로 배터리가 팽창하거나, 심한 경우에는 화재나 폭발하는 현상을 의미하는 열폭주가 진행된다. 배터리의 고온 안전성 개선을 위해서는 열폭주에 대한 이해가 필수적이며, 다양한 배터리 내부 소재의 반응 메커니즘에 대한 분석이 필요하다. 본 연구에서는 배터리 내부 소재 및 조합 별로 실험을 구성하고, 열 중량 및 가스 동시 분석(In-situ TGA-MS)과 시차 주사 열량계(DSC)를 통해 반응 메커니즘을 제안하였다. Kissinger analysis를 활용하여 각 반응의 반응 속도 변수(Activation energy, frequency factor)를 확보하였고, 이를 활용하여 가스 발생 모델을 개발하고, DSC 실험 결과와의 비교를 통해 모델을 검증하였다. 또한, 열폭주 시 전기화학 성능 감소로 이어지는 내부 활물질 및 전해액의 온도에 따른 부피 분율 감소 현상을 분석하고, 가스 발생에 의한 내부 압력 증가 현상에 대해 분석하였다.

관련기술분야: 신재생에너지 및 기후변화대응

UN 지속가능발전목표: 7. 에너지의 친환경적 생산과 소비

Biomimetic Reactive Oxygen Species (ROS) Scavenging System for Stability Enhancement of Thylakoid Membrane-Based Photosynthetic Biosolar Cells

JaeHyounG Yun^{†*} · JongHyun Kim^{*} · WonHyounG Ryu^{*}

^{*}Yonsei University, Seoul, Korea

Key Words: Photosynthesis(광합성), Reactive oxygen species(활성산소), Photocurrent(광전류)

초록: Since photosynthesis of plants has a high quantum yield close to 100%, many studies have been conducted to utilize the photosynthesis for bio-energy harvesting. However, under high light intensity, reactive oxygen species (ROS) are generated during photosynthesis, causing damage to lipid membranes or proteins. Therefore, for long-term stability, a closed system capable of scavenging ROS like chloroplasts is required. In this study, we propose a biomimetic ROS scavenging system for stability enhancement of bio-solar cells. We used catalase to scavenge ROS, which causes the damage to extracted photosynthetic organelles and apparatuses. The photocurrent from the system was observed for 5 hours under AM 1.5G (1 sun = 100 mW/cm²) illumination at intervals of 1,000 s. Afterwards, the stability improvement was evaluated by comparing the initial photocurrent and the photocurrent after 5 hours illumination. As a result, it was confirmed that about 4.3 times improved stability was achieved by the biomimetic ROS scavenging system.

관련기술분야: 신재생에너지 및 기후변화대응

UN 지속가능발전목표: 13. 기후변화 대응

고체산화물 수전해 스택의 내부 물질 및 반응 분포 분석을 통한 열화 개선

임장현* · 이우석* · 조준훈* · 홍종섭*

*연세대학교 기계공학부

Key Words: 신재생에너지, 수소에너지, 연료전지, 수전해, 수소생산

초록: 전 세계적으로 화석 연료 사용으로 인한 탄소 배출로 인한 기후 변화 문제가 대두되면서, 수소 기반의 에너지 시스템의 중요성이 향상되었다. 이에 따라 친환경적인 수소인 '그린 수소'의 생산 기술이 활발하게 연구되고 있다. 고온 고체 산화물 수전해 기술은 뛰어난 수소 생산 효율로 미래의 그린 수소 생산 기술로 주목받고 있으나, 장기간 운전시 열화 문제로 인해 상용화 수준인 요구 수명 5 년을 달성하지 못하고 있다. 선행 연구에서 규명된 수전해 열화 메커니즘에 의하면 셀의 활성 면적에 인가되는 고전류 밀도와 수증기 분압이 열화를 유발한다는 것이 확인되었다. 따라서 본 연구에서는 수전해 스택의 내부 반응 특성 분석을 기반으로 열화 현상을 억제할 수 있는 신규 스택 디자인을 제시한다. 고신뢰성을 갖는 3 차원 시뮬레이션 모델을 사용하여 기존 스택 디자인의 반응(전류밀도) 및 수증기 분포를 분석하고 열화가 발생하는 위치를 특정하며, 이를 개선하는 신규 분리판을 설계한다. 제안된 신규 스택을 제작하고 장기 운전 평가를 실시하여 열화율이 향상되는 것을 입증한다.

표면탄성파에 의해 유도된 회전형 유동에 의한 액틴 네트워크의 구조 재구성

김민서[†] · 강돈영* · 이형석*

[†]*연세대학교 기계공학과

Key Words: 액틴 필라멘트, 표면탄성파, 회전형 유동

초록: 액틴 필라멘트는 세포 내의 골격을 구성하고 세포 이동, 분열 등에 관여하는 바이오폴리머이다. 이 과정에서 필라멘트 형태의 액틴은 두꺼운 번들이나 그물 형태로 구조 재구성을 하는데, 구조 재구성 시에는 액틴 부착 단백질, 모터 단백질, 양이온, 분자밀집, 세포질 유동 등의 세포 환경과 조성의 영향을 받는다. 세포질의 점도, 액틴 부착 단백질의 결합 특성 등 모든 요소들은 세포질 유동에 의해 변화한다. 특히 세포질 유동의 형태는 점도 변화와 세포 이동에 의해 동적인 특성을 띄며 원형으로 흐르기도 한다. 표면 탄성파를 마이크로 사이즈의 입자와 액틴 필라멘트가 들어있는 반구형 액적에 인가하여 원형의 유동을 유도하고, 세포질 유동을 모방하고자 한다. 입자의 움직임을 통해 반구형 액적 내부의 유동을 가시화 및 분석하고, 다양한 화학적 조성에서 회전형 유동에 의한 액틴 필라멘트의 거동 및 구조 재구성을 분석한다.

관련기술분야: ICT 융합형 미래스마트기기/바이오헬스 및 정밀의료/공동융합연구

UN 지속가능발전목표: 3. 건강하고 행복한 삶

Discretized phase-modulated surface acoustic waves for particle alignment method

박민형[†] · 이형석[†]

[†]연세대 학교 기계공학부

Key Words: Surface Acoustic Wave(표면 탄성파), Particle Alignment(입자 정렬), Phase Modulation(위상 변조)

Abstract: Spatial manipulation of micro and nano-sized particles is crucial in semiconductors and life sciences industries. Current methods using electrical, magnetic, and optical forces have limitations in terms of potential damage particularly to biological samples. Acoustic approaches offer non-invasive particle manipulation, minimizing physical damage. We have developed a particle manipulation technique using Surface Acoustic Waves (SAW) with a repetitive phase-modulated signal, capable of aligning microparticles at different distances between aligned lines. SAW is applied at two discrete phases in this signal. We monitor how particles respond to the phase modulated SAW signal and obtain kymograph of particle trajectory experimentally. Experimental results are compared to numerical results from multi-physics finite element modeling. This technique is not applied to aligning microbeads but also applied for patterning cells which is crucial for constructing artificial tissues with regular cell structures.

관련기술분야: ICT 융합형미래스마트기기/ 공동 융합연구

UN 지속가능발전목표: 3. 건강하고 행복한 삶

Acquiring mechanical properties of thin PDMS(Polydimethylsiloxane) membrane by water assisted tensile tester

이주원[†]·조혜선*·김해진[†]

[†]연세대학교 기계공학과 *경상대학교 기계공학과

Key Words: 인장 시험, 폴리디메틸실록센(PDMS), PDMS 물성

초록:

폴리디메틸실록산(PDMS)은 광학, 전기 및 기계적 특성이 우수한 폴리머로 여러 엔지니어링 응용 분야에 활용됩니다. 이러한 우수한 특성으로 인해 PDMS 는 유연소자의 재료로 널리 사용됩니다. 해당 목적에서 PDMS 는 나노스케일의 두께의 박막으로도 활용이 되는데 이러한 얇은 박막의 PDMS 의 기계적 물성에 대해 알려진 바가 많지 않습니다. 이러한 나노 두께의 박막의 물성치를 실험적으로 구하는 방법으로 물 위에 시편을 띄워 인장 시험을 하는 water assisted tensile test 방법을 이용합니다. 본 연구에서는 water assisted tensile test 방법으로 나노 두께의 PDMS 박막에 대한 기계적 물성치를 제시합니다. 나아가 다른 나노 복합소재의 기계적 물성치도 해당 인장 방법으로 도출함으로써 얇은 층의 복합소재를 활용한 stretchable 스마트 칩, 바이오 칩 등의 연구에 도움이 될 것으로 예상됩니다.

관련기술분야: ICT 융합형 미래스마트기기/공동 융합연구

UN 지속가능발전목표: 3. 건강하고 행복한 삶

금 나노 시트 기반 고해상도 신축성 전극 개발 및 응용

정성식[†] · 조혜선* · 김해진[†]

[†]연세대학교 기계공학과, *경상국립대학교 기계항공공학부

Key Words: 신축성 소자, 금 나노 시트, 집적 소자, 나노복합반도체, 트랜지스터

초록: 최근 신축성 소자 및 헬스 케어 모니터링 시스템에 대한 관심이 증가함에 따라 기계적으로 유연하고 신축성을 갖춘 신축성 소자 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 신축성 소자의 경우, 기계적·전기적 변형에도 높은 안정성을 유지할 수 있는 고내구성 및 고성능의 신축성 전극의 개발이 반드시 이루어져야 한다. 기존 연구에서 금 나노 시트 기반 고내구성 및 고성능의 신축성 전극 개발에 관한 연구가 활발히 진행되었으나, 금 나노 시트 전극의 고해상도 패터닝 기술은 난제로 자리 잡고 있다. 이에 본 연구에서는 Photolithography 및 lift-off 공정을 이용하여 고해상도 패터닝 기술을 확보하였으며, 이를 통해 고해상도 금 나노 시트 신축성 전극을 제작하였다. 또한, 유기 반도체인 Poly(3-hexylthiophene-2,5-diyl) (P3HT)를 활용하여 신축성 트랜지스터 및 논리 회로를 제작함으로써 신축성 소자의 성능을 입증하였다. 본 연구를 통하여 개발된 신축성 소자는 보다 향상된 신축성과 고성능을 갖춘 착용형 및 부착형 스마트 모니터링 디바이스, 디스플레이 및 센서 등의 산업에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

티타늄 코팅에 따른 DLC 다층박막의 트라이볼로지적 특성 연구

강원빈 · 김대은
기계공학과, 연세대학교

Key Words: Diamond-like carbon(비정질 탄화수소), Multilayer(다층 코팅), Friction(마찰), Wear(마모)

초록: DLC(Diamond-like carbon)는 우수한 기계적 특성으로 인해 내마모 코팅재로 널리 사용되고 있으나, 박막의 높은 잔류응력과 균열, 박리 등의 결함이 쉽게 생성됨으로 인해 보다 다양한 애플리케이션의 적용에 한계가 있다. 이러한 요인들은 기판과 DLC 박막 사이의 접착력(Adhesion)을 증가시키면 개선될 수 있는데, 이에 다양한 소재를 활용해 다층박막(Multi-layer coating)을 제작하여 DLC 박막이 가지는 단점을 개선하고자 하는 연구들이 활발히 수행 중이다. 티타늄(Titanium)은 기판과 DLC 사이의 열팽창 불일치를 상쇄시켜 제작된 박막의 잔류응력을 감소할 수 있고, DLC와 높은 접착특성을 가지고 있기 때문에 DLC 다층박막 제작에 널리 사용되는 물질이다. 그러나 다층구조를 갖는 코팅의 경우 마모 메커니즘이 복잡하여 이에 대한 이해도가 여전히 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 개별 박막의 수를 달리하여 다양한 조건의 Ti-DLC 다층박막을 제작하고 나노 스케일의 스크래치 테스트와 마찰 실험을 수행하여 그에 따른 마모 메커니즘을 분석하였다. 그 결과, 다층박막을 구성하는 단일 박막의 개수에 따라 마찰 및 마모 거동이 달라지는 것을 확인하였으며, 본 연구의 결과는 저마찰/내마모성 코팅의 설계 및 제작에 기여할 것으로 기대된다.

고압 용기 내 가스 포화 온도에 따른 Poly methyl methacrylate 의 실시간 거동 확인

김관훈 · 홍진 · 권병철 · 차성운*

연세대학교 기계공학과

Key Words: Microcellular foaming process(초미세발포 공정), Polymer(고분자), Gas absorption(가스 포화), PMMA(폴리메틸 메타크릴산), Young's modulus (영률)

초록: 초미세발포 공정(Microcellular foaming process)은 고분자 소자 내부에 10 μm 이하의 기공을 10^9 개 / cm^3 이상 형성하는 기술을 말한다. 초미세발포 공정 중 하나로 일괄 처리 공정 발포(Batch foaming process)가 존재하며, 이는 2 가지 프로세스로 진행된다. 1 번째 프로세스는 가스를 고분자 소재 내부에 포화시키는 공정이며, 2 번째는 열역학적 불안정성을 이용하여 고분자 내부에 기공을 형성하는 공정이다.

이때 고분자 내부에 가스가 포화되면 고분자 내부에 매트릭스의 변화로 인하여 기계적 특성의 변화가 생기게 되며, 유리전이온도, 영률, 인장강도, 충격강도 등의 변화가 생기게 된다.

본 연구에서는 고압 용기 내에서의 실시간적인 변화를 자성 센서를 통하여 측정하고 이를 통하여 PMMA 소재의 거동을 확인하려고 한다.

관련기술분야: 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 7. 에너지의 친환경적 생산과 소비

Lithium polysulfide generation analysis on lithium-sulfur battery during charge/discharge cycles

Se Young Kim, Joon Sang Lee*

Division of Time-series Battery Analysis, Department of Mechanical Engineering,
Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Republic of Korea

*joonlee@yonsei.ac.kr

Key Words: Lithium-sulfur battery, Shuttle effect, Molecular dynamics simulation, Lithium polysulfide

초록: Lithium-sulfur (Li-S) batteries have attracted significant interest due to their superior energy density and affordable material costs relative to lithium-ion batteries. However, the practical application has not yet been achieved because the ionic behavior mechanism is not fully understood. Sulfur in the Li-S battery's cathode reacts chemically with Li⁺ transforming sulfur into polysulfide (PS) intermediates. The generated soluble PS intermediates contribute to the shuttle effect, which causes the loss of active materials and a decrease in coulombic efficiency. Therefore, more fundamental studies of elucidating shuttle effect mechanism are needed. In this study, a reactive molecular dynamics (MD) simulation was performed to investigate the electrochemical dynamic reactions between electrode and electrolyte interface. The authors utilized reactive force field which is capable of simulating the formation and dissolution of interatomic bonds and charge equilibration method which is utilized to calculate the amount of partial charge in an atom. It is confirmed that the simulations well-reproduced the generation and dissolution of lithium polysulfide.

관련기술분야: 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 9. 산업혁신과 사회기반시설 확충

Machine Learned Model for Predicting the Specific Stiffness of Cubic Symmetric Lattice Structures

Seungjin Kim[†] · Sang Joon Lee^{*} · Donggeun Park^{**} · Keonwook Kang^{*}

^{†, *} Dept. of Mechanical Eng., Yonsei Univ., ^{**} Dept. of Mechanical Eng., KAIST

Key Words: Machine learning (기계학습), Lattice structure (격자구조), Cubic Symmetry (입방대칭), Representative volume element (대표볼륨요소), Young's modulus (영률)

초록: Various lattice structures are searched using representative volume element (RVE) method to design lattice structures with high Young's modulus at low density. Machine learned model used a regression model to predict specific Young's modulus of cubic symmetric lattice structures, allowing for a quick identification of the mechanical property tendencies corresponding to the structure. Young's moduli of lattice structures are calculated by uniaxial compression using the FEM analysis program. Modeling lattice structure and calculating of Young's modulus and porosity are automated using Python. The obtained database was divided into a training set and a test set, which were used to train and evaluate the prediction model. The performance of the machine learned model was verified by comparing the predicted mechanical properties with the FEM results. It is confirmed that the trained model can accurately predict the specific stiffness without FEM simulation or compression experiments.

관련기술분야: 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 9. 산업혁신과 사회기반시설 확충

Prediction of fatigue life of composite steel Bonded joints using statistical methods

김영빈[†] · 안효성* · 전흥재**

[†]School of Mechanical Engineering, Yonsei Univ, Seoul, 120-749, Korea, *School of Mechanical Engineering, Yonsei Univ, Seoul 120-749, Korea, **Department of Mechanical Engineering, Yonsei Univ, Seoul 120-749, Korea

Key Words: Hybrid joints(하이브리드 조인트), Bonded joints(접착조인트), Tensile strength(인장강도), Fatigue life (피로수명)

초록: 복합재료는 높은 비강도, 비강성을 가져 항공 우주 및 자동차와 같은 다양한 산업분야에서 사용되고 있다. 특히, 구조물에서 이종 재료 접합 시 금속을 복합재료로 대신하기 때문에 경량성 또한 우수하다. 이종 재료 접합에는 기계적, 접착식, 하이브리드 결합이 있으며 결합 종류에 따라 파손 거동과 피로수명이 달라진다. 본 연구는 이종 재료 접합부의 피로수명을 실험하였고 유한요소 해석을 통해 피로수명 예측 방법을 제안하였다. 피로 실험을 통해 응력-수명(S-N) 곡선을 도출하였고 Anderson-Darling 적합도 시험을 수행하였다. 평균 응력과 재료 이방성이 피로 수명에 미치는 영향을 고려하여 재료의 피로수명을 예측할 수 있는 CFLD(Constant Fatigue Life Diagram)를 구성하였으며 접착제 끝에서 피로 수명 평가 위치까지의 거리를 CFFL(Critical Fatigue Failure Length)로 정의하여 실제 피로수명과 예측 수명의 피로수명 차이를 조정하는 실험적 보정방법을 제안하였다. 최종적으로 통계적 접근 방법을 통해 피로시험의 신뢰성을 높였다.

광학 센서를 적용한 전자기형 고속 레이저 조준기 구조 설계

김원목* · 박노철*

* 진동 및 광 메카트로닉스 연구실

Key Words: Fast Steering Mirror(고속 레이저 조준기), Optical sensor(광학 센서), Electromagnetic actuator(전자기형 액추에이터), Reluctance force(릴럭턴스 힘), 피벗 베어링(Pivot bearing)

초록: This study deals with the structural design of a Tip/Tilt two-axis drive electromagnetic Fast Steering Mirror(FSM) with an optical sensor. FSM is a high-precision equipment used for laser communication and beam alignment in various fields such as aviation, military, and space industries. Electromagnetic FSM requires a device to suppress the axial deflection of the main mirror due to the reluctance force and to measure the accurate Tip/Tilt angle. However, a pivot bearing, which constrains the translational degrees of freedom of the main mirror, creates spatial constraints on the attachment of the submirror for angle measurement. To compensate this problem, a new type electromagnetic FSM with an optical sensor was proposed. Then, the dynamic characteristics were analyzed using finite element analysis and structural stability was verified. In conclusion, it was confirmed that the new FSM satisfies the target performance within the operating range.

관련기술분야: 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 13. 기후변화 대응

A novel approach for optimal feature selection in the field of human EMG sensors

Won-Joong Kim · Inwoo Kim · Soo-Hong Lee *

Mechanical Engineering, Yonsei University

* Corresponding author

Key Words: EMG sensor, parameter optimization, neural network, wearable devices, dynamic relu function

초록: While it would be ideal to have as many inputs as possible in data processing, in many cases, there's a drawback exists. Particularly, when attached to the body, there are restrictions on size and weight, and as the body has bending or folding parts, the device should minimize the system complexity. This will lead to minimized energy consumption and lessened carbon emissions. One of the best ways to achieve the goal is to minimize the number of sensors. In this paper, we aim to devise a method that modifies the loss value and activation function during the neural network's learning process to select the minimum input parameters in the fastest time possible.

관련기술분야: 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 9. 산업혁신과 사회기반시설 확충

Analysis of Cooling Effectiveness with Vane-Shaped Pre-Swirl Nozzle Geometry Variations in Gas Turbine Secondary Air System

Juchan Kim[†] · Changhoon Lee^{†,*}

[†]Department of Mechanical Engineering, *Department of Computational Science & Engineering

Key Words : Computational fluid dynamics(전산유체역학), Gas turbine(가스터빈), Secondary air system(이차유로), Pre-swirl nozzle(프리스윙 노즐), Cooling effectiveness(냉각 효율)

초록 : To prevent thermal damage, secondary air system (SAS) of gas turbine engine delivers cooling air to turbine. The optimization of this process involves the use of pre-swirl system, which imparts rotational velocity to the cooling air before it enters the rotating components, thereby reducing flow losses. Simulations were conducted using k-epsilon and k-omega turbulence models in Ansys Fluent. This research led to the identification of key parameters for vane-shaped pre-swirl nozzle design, aiming to enhance cooling effectiveness. Consequently, this study provides valuable insights contributing to the improved performance of SAS in gas turbine engine.

균열 성장 기반 고압 액화 천연가스 배관의 심층 신경망 이상 탐지 및 통계적 추정

양다빈[†] · 이종수^{*}

[†]연세대학교 기계공학부, ^{*}연세대학교 기계공학부

Key Words: Liquefied natural gas pipeline (액화 천연가스 배관), Failure mode and effect analysis (고장형태 영향 분석), Anomaly detection-designable generative adversarial network (이상 탐지 설계기반 생성적 적대 신경망), Diagnosis-based design(진단 기반 설계), Statistical estimation (통계적 추정)

초록: 본 논문에서는 anomaly detection-designable generative adversarial network (Ano-DGAN)을 사용하여 고압 액화 천연 가스 배관의 이상 탐지를 수행한다. Ano-DGAN 은 심층 신경망을 기반으로 이상 데이터 수집의 한계를 극복하고, 진단을 통해 설계에 대한 통계적 추정을 수행하여 설계변수의 범위를 파악한다. 시뮬레이션 모델을 설계한 후, 유체, 고체, 진동, 피로해석의 결과를 유사 문헌과 비교하여 검증한다. 또한 실제 배관의 failure mode and effect analysis(FMEA)를 수립하여 시뮬레이션 모델과 고장형태 결과를 비교한다. 그 결과, 분기관 용접부에 균열 성장 저하계수를 적용하여 이상 탐지를 수행한다. 제안된 모델은 기존 support vector machine(SVM), one dimensional convolutional neural network(1D CNN), long short term memory(LSTM)과 성능을 비교하여 더 정확한 이상 탐지 결과를 도출한다. 이후 이상 탐지 결과를 설계 변수 범위의 통계적 추정치로 제공하고, 검증을 통해 수행한 진단의 수용 가능성을 분석한다.

Domain-Adaptive Designable Data Augmentation and Virtual Data-Based Optimization to Improve Early-Stage Design Performance

이한빛*† · 이종수*

*연세대학교 기계공학부

Key Words: Generative adversarial networks(적대적 생성 신경망), Optimization(최적화), Designable data augmentation(설계 가능 데이터 증강), Domain adaptation(도메인 적응), Virtual data-based optimization(가상 데이터 기반 최적화)

초록: 본 연구에서는 DGAN (designable generative adversarial network) 기반의 가상 설계 데이터 생성 방법을 이용하여 새로운 도메인에서 최적의 성능 설계를 도출하는 방법론을 제시한다. DADDA (domain-adaptive designable data augmentation) 방법론은 이미 대량의 데이터가 축적되어 최적화된 소스 도메인을 기반으로 새로운 타겟 도메인에서 설계 초기 단계에서부터 성능을 극대화하는 소스/타겟 도메인 적응 기법이다. 기존의 GAN에서는 두 개의 신경망(생성자와 판별자)이 실제 데이터와 구별하기 어려운 가상 데이터를 생성하기 위해 경쟁한다. DGAN은 GAN 구조에 역생성기를 추가하여 생성된 가상 설계 데이터와 함께 해당 설계의 변수를 추정할 수 있다. 이를 통해 가상 데이터 기반의 설계 가능 데이터 증대가 가능하다. 본 연구에서는 도메인 적응형 DGAN을 이용한 DADDA 방법을 개발한다. DGAN을 통해 추정된 성능과 설계를 유전 알고리즘과 접목하여 가상 데이터 기반 최적화에 따른 최대 성능 향상 한계를 도출하는 방법을 제안한다.

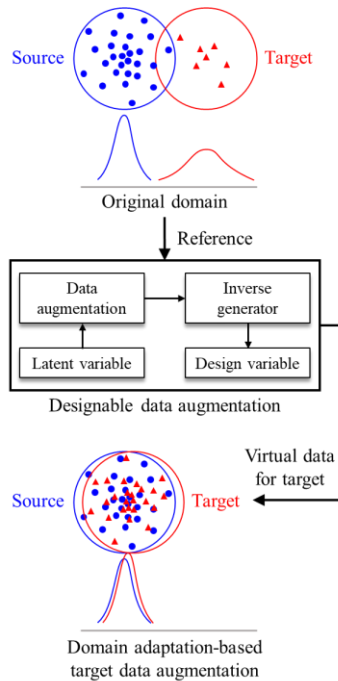


Figure 1. Domain-adaptive designable data augmentation

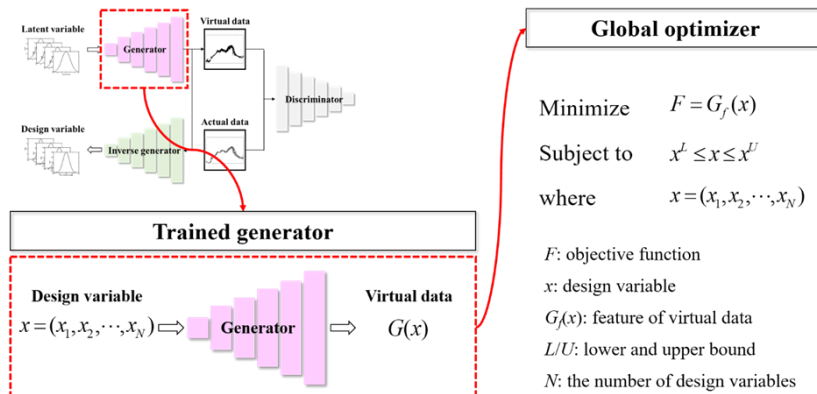


Figure 2. Virtual data-based optimization

왕복 슬라이딩의 하중 제어 방식에 따른 마모 및 전기접촉저항 거동 비교

조형근[†] · 장일광* · #장용훈**

[†]연세대학교 대학원 기계공학과 박사과정생

* 연세대학교 기계공학과 연구교수

** 연세대학교 기계공학과 교수

Key Words: Reciprocating sliding(왕복 슬라이딩), Force-controlled method(힘 제어 방식), Displacement-controlled method(변위 제어 방식), Electrical contact resistance(전기접촉저항)

초록: 본 연구에서는 기계/전기 시스템의 왕복 슬라이딩이 전기접촉 성능에 미치는 영향을 탐구한다. 왕복 슬라이딩으로 인한 마모 및 피로는 시스템 성능을 저하시키고 전기접촉저항을 증가시켜 신호 오류 및 화재 위험을 초래한다[1]. 이전 연구들은 슬라이딩 변위와 전기접촉저항 사이의 영향을 조사했지만 [2, 3], 실제로 나타나는 기계/전기 시스템을 고려했을 때 제한적인 실험 조건임을 판단해볼 수 있다. 그래서 본 연구에서는 기계/전기 시스템에서 부품간 전달되는 하중 관계를 고려함으로써 이를 극복하고자 하며, 하중 제어 방식(변위 제어 및 힘 제어)에 따라 마모 거동을 비교하고 이들이 전기접촉저항에 미치는 효과를 실험적으로 비교하는 것을 목적으로 한다.

후 기(Acknowledgments)

이 성과는 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2021R1A2C3010731)

참고 문헌(References)

1. Tyrer N., Y.F., Baber G., Pang B. and Wang B., Tribological Behavior of Electrical Connector Coatings Under Reciprocating Motion. *J. Tribol.*, 144(9), 091401-1-8 (2022) <https://doi.org/10.1115/1.4054031>
2. Hannel S., F.S., Kapsa P and Vincent L., The fretting sliding transition as a criterion for electrical contact performance. *Wear*, 249(9) 761-770 (2001) [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(01\)00685-8](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(01)00685-8)
3. Kirk A.M., S.W., Bennett C.J. and Shipway P.H., Interaction of displacement amplitude and frequency effects in fretting wear of a high strength steel: Impact on debris bed formation and subsurface damage. *Wear*, 482-483 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.203981>

관련기술분야: 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 7. 에너지의 친환경적 생산과 소비

Modification of Sulfide/Metal Oxide Electronic Structure by In Situ Inclusion of Silver (Ag) Nanoparticles for Extrinsic Pseudocapacitor

Amar Patil[†] · 문선일 · 홍종우 · 강건욱 · 전성찬

연세대학교 기계공학과

Key Words: Supercapacitors(슈퍼커패시터), Solid-state supercapacitors(전고체 슈퍼커패시터), MXene(맥신), Density Functional Theory(밀도범함수 이론)

초록: The poor electrical conductivity of conventional electrodes and their slow charge transport have been significant limitations in the electrochemical performance of supercapacitors, necessitating strategies to overcome these constraints. In this study, we synthesized an in-situ Ag-ion-incorporated cation-exchanged bimetallic sulfide/metal oxide heterostructure (Ag-Co_{9-x}FexS₈@ α -FexO_y) using a two-step sequential synthesis method. The formation of coordination bonds and the integration of silver nanoparticles improved the electrical conductivity and adhesion of the heterostructure, suppressing interfacial resistance and volume expansion throughout the charge-discharge cycles. Investigations using density functional theory suggest that Ag doping has altered the electronic states of the heterostructure, producing the amazing interlayer and interparticle conductivities that are the outcome. This has increased electrical conductivity.

관련기술분야: 공동융합연구

UN 지속가능발전목표: 4.모두를 위한 양질의 교육

Extended Depth-of-Field Fluorescence Microscopy via Physics-Incorporated Jointly-learned Binary Phase Filter and Image Deconvolution

Younghun Kim[†] · Baekcheon Seong^{*} · Woovin Kim^{*} · Jong-Seok Lee^{*} · Jeonghoon Yoo^{**} · Chulmin Joo^{*}

[†]Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Republic of Korea

^{*} Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Republic of Korea

^{**}School of Intergrated Technology, Yonsei University, Seoul, 03722, Republic of Korea

Key Words: Fluorescence microscopy(형광 현미경), Extended depth-of-field(피사계 심도 확장), Binary phase filter(이진 위상 필터), Neural network(신경망)

초록: Fluorescence microscopy is an imaging tool for visualizing structures of biological systems. However, it suffers from an inherent trade-off between the depth-of-field (DoF) and spatial resolution, and thus requires various scanning strategies to acquire high-resolution images. Here, we present a novel computational microscopy platform capable of high-resolution, high-contrast imaging without serial re-focusing. This method entails joint optimization of binary phase filter (BPF) and deconvolution neural network, which synergistically produces high-resolution images over extended DoF. The extended DoF is realized by the optimized BPF and subsequent deconvolution neural network processes the acquired images to result in high-contrast images. We demonstrate our method through numerical simulations and biological samples and present high-resolution, high-contrast imaging capabilities over a 15.5-fold larger DoF.

Untrained deep learning-based differential phase-contrast microscopy

INGYOUNG KIM^{1,†}, BAEKCHEON SEONG^{1,†}, TAEGYUN MOON¹, MALITH RANATHUNGA¹,
DAESUK KIM², CHULMIN JOO^{1,*}

¹School of Mechanical Engineering, Yonsei University, Republic of Korea

²Department of Mechanical System Engineering, Jeonbuk National University, Republic of Korea

* Corresponding author Email: cjoo@yonsei.ac.kr

[†]These authors contributed equally to this work

Key Words: Quantitative phase imaging, Differential phase-contrast (DPC) microscopy, Aberration correction, Untrained neural network(UNN)

초록: 정량적인 비간섭 산술현미경(Differential phase-contrast microscopy, DPC)은 여러 장의 광 세기 이미지에 기반하여 투명 물체의 광 위상 이미지를 복원할 수 있는 새로운 산술 이미징 방법 중 하나이다. 위상을 재구성하기 위해 DPC는 $\pi/2$ 보다 작은 위상을 가져 약하게 산란하는 물체임을 가정한다. 이로 인해 이미징하려는 시료의 범위가 제한되고, 광학계에 의해 발생하는 수차를 보정하기 위해서 더 많은 측정 및 복잡한 알고리즘이 필요하다. 본 논문에서는 Untrained deep neural network(UNN)을 사용하여 광학 수차 보정 DPC 현미경을 제시한다. 본 논문의 광학 수차 보정 DPC 현미경은 훈련 데이터 없이 위상 및 광학 수차 보정을 동시에 복원 및 예측하여 이미징한다. 또한 신경망 모델과 비선형 DPC 이미징 모델을 사용하여 2π 의 위상을 가지는 시료를 복원하여 $\pi/2$ 보다 작은 위상을 가져야 하는 시료의 제한을 완화한다. 본 논문에서는 시뮬레이션 및 LED 현미경 기반 실험을 통해 바탕으로 광학 수차 보정 DPC 현미경의 타당성을 검증한다.

시계열 딥 러닝 네트워크를 활용한 실내 공기 부유 박테리아 농도 예측

김도현[†] · 신동민[†] · 황정호[†]

[†]연세대학교 기계공학과

Key Words: 바이오에어로졸, 배양기반, 예측 분석, Black box model, CNN-LSTM

초록: 최근에는 실내 바이오 에어로졸에 대한 공중보건에 대한 우려가 증가하면서 실내 바이오 에어로졸 농도에 대한 규제 및 지침이 수립되었습니다. 그러나 현재의 실내 바이오 에어로졸 농도에 대한 측정 기준은 2 일 이상이 소요되는 배양법에 의존하고 있어 실시간 감지 기술을 개발하는 것은 어려운 과제입니다. 따라서 본 연구의 목표는 시계열 Deep Learning (DL)을 기반의 실시간 실내 바이오 에어로졸 농도 예측이 가능한 모델을 개발하여 하는 것입니다. 제안하는 시계열 DL 모델은 측정하기 쉬운 환경 요소 (온도, 상대 습도, 이산화탄소 및 미세먼지 농도)로부터의 다양한 바이오 에어로졸 중, 실내 공기 중 박테리아 농도 (CFU m⁻³, CFU: Colony Forming Unit)를 예측합니다. 모델의 범용성을 확인하고자 제안하는 모델은 세 장소에서 적용하였으며, 모두 탁월한 예측 정확도 (>90%)를 보여주었습니다. 또한 본 연구는 우리가 확인한 바에 따르면, 배양법 기준의 실내 공기 중 박테리아 농도를 예측한 최초의 DL 모델을 개발한 연구입니다.

관련기술분야: 바이오 헬스 및 정밀의료
UN 지속가능발전목표: 3. 건강하고 행복한 삶

Development of 3D Printed Silk Fibroin Flexible Sensor Substrate and Mechanical Property Evaluation

Jaeho Kim ^{†*} · En Shik Choi ^{*} · SeungHyun Park ^{**} · Hong Nam Kim ^{***} · WonHyoung Ryu ^{*}

^{*}Yonsei University, Seoul, Korea, ^{**}Pukyong National University, Pusan, Korea, ^{***}Korea Institute of Science and Technology, Seoul, Korea

Key Words: Silk fibroin(실크 피브로인), 3D print(3D 프린트), biosensor platform(생체 센서 플랫폼), mechanical property(기계적 강도)

초록: The surface of living tissues is flexible, curved, and lubricous due to blood and dynamic movements. Therefore, a biocompatible and flexible substrate that can be firmly attached to the tissue surface needs to be developed for biomedical sensors. In this study, we 3D printed a flexible silk fibroin (SF) substrate which is highly biocompatible and mechanically analogous to living tissue. We extracted SF solution (~20 wt.%) from Bombyx mori. silk. The SF solution was then 3D printed into the electrolyte bath. Three different design types of SF substrates have been prepared for mechanical tensile tests: lattice structure, inclined lattice structure, and spiral structure.

High-resolution particle separation using inertial microfluidics for improvement of analytical accuracy in bio-applications of microbeads

윤민정^{a,†} · 현경아^b · 박선영^{a,c} · 정효일^{a,c}

^{a,†}School of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 120-749, Republic of Korea,

^bKorea Electronics Technology Institute, 25, Saenari-ro, Bundang-gu, Seongnam-Si, Gyeonggi-do, 13509, Republic of Korea

^cThe DABOM Inc., Seoul, Republic of Korea

Key Words: Inertial microfluidics, size-based particle separation, multi-detection, multi-orifice flow fractionation (MOFF), high-resolution of particle separation

초록:

Inertial microfluidics 는 여러 유체역학적 힘을 활용하여 입자를 크기 기반으로 분리할 수 있는 미세 유체 기술이다. 해당 기술은 높은 처리량, 저비용, 빠른 처리 시간 등의 장점을 바탕으로 원심분리기, 전기영동 등 기존 기술을 대신하여 검출, 센싱, 약물 전달 등 바이오 분야 전반에 걸쳐 활용된다. 하나의 세부 기술이자 본 연구실 고유의 채널인 multi-orifice flow fractionation (MOFF) 는 contraction-expansion 구조를 반복하여 불규칙한 상태의 입자가 평형 위치로 정렬 후 분리되는 원리를 가진다. 채널의 종횡비 및 크기, 유속, 채널 레이놀즈 넘버 등 다양한 변수 조절을 통해 분리 가능한 입자 크기, 개수를 설정할 수 있는 것이 특징이다. 선행 연구에서는 이를 통해 두 가지 서로 다른 크기의 입자를 분리하였으며, 암의 전이 단계를 진단하는 데 성공하였다. 나아가 동시 분리 가능한 입자의 수를 확장할 필요성을 갖는다.

본 연구는 MOFF 구조의 contraction 채널 크기를 변경하여 두 단계의 MOFF 를 거치며 총 네 가지(7, 10, 20, 30 μm) 크기의 입자를 동시 분리 가능한 **Multi-MOFF 칩**을 개발하였다. 첫번째 단계의 MOFF 에서는 10, 20 μm 와 7, 30 μm 크기의 입자가 중앙과 측면으로 각각 분리되고, 두번째 단계에서 크기에 따라 각 배출구로 분리된다. 이때 각 크기 입자에 대해 90% 이상의 높은 분리 효율성을 기록하였다. 해당 기술은 향후 면역세포 및 암세포 등 분리에 활용하여 암의 진단 및 치료 계획 수립 분야에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

관련기술분야: 바이오 헬스 및 정밀의료

UN 지속가능발전목표: 3. Good health and well-being

Design of Contact-free Vital Sign Monitoring System based on Machine Learning Algorithm

Eunjoo Chae[†] · Donghyun Kim[†] · Shinill Kang^{†*}

[†]Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul, 03722, Republic of Korea

Key Words: Contact-free(비접촉), Vital signs(생체신호), Machine learning (기계학습)

초록: Vital signs such as heart rate, respiration rate, and blood oxygen saturation provide information on a patient's physiological function in the hospital and daily life. However, due to the direct and long-term contact of sensors for monitoring, it causes physical burden and discomfort to users. To solve these problems, we designed a vital sign monitoring system based on contact-free sensors and machine learning algorithms. Our system predicts heart rate (HR) and respiratory rate (RR) by measuring the body movements caused by the release of blood as the heart beats and respiration. The result on the custom dataset was compared with the ECG signal and respiration signal showing high accuracy, with the HR root mean square error of 3.9bpm and the RR root mean square error of 2.3bpm. Bland-Altman analysis was tested to show the agreement between our system estimations and the reference data.

Morphological feature-based circulating tumor cell cluster classification using convolutional neural network-support vector machine.

하성민^{a,†} · 박준현^a · 김재증^a · 현경아^b · Tohru Kamiya^c · 정효일^{a,d}

^{†, a} School of Mechanical Engineering, Yonsei University, Seoul, Republic of Korea

^b Korea Electronics Technology Institute, 25, Saenari-ro, Bundang-gu, Seongnam-Si, Gyeonggi-do, 13509, Republic of Korea

^c Department of Mechanical and Control Engineering, Faculty of Engineering Kyushu Institute of Technology, Kitakyushu, Japan

^d The DABOM Inc., Seoul, Republic of Korea

Key Words: Convolution neural network-support vector machine, Circulating tumor cell clusters, Image classification, Morphological feature, You only look once (Yolo)

초록: 전세계적으로 암 사망의 대부분을 차지하는 전이암은 주로 Circulating tumor cells (CTCs)에 의해 발생합니다. 따라서 혈액 내 CTCs 와 CTC clusters 를 식별하는 것은 전이성 암의 위험과 예후를 예측하는 데 중요합니다. 일반적으로 CTCs 는 Immunofluorescent staining 을 사용하여 식별되지만 CTCs 의 이질성으로 인해 정확한 식별을 위해서는 여러 마커를 사용해야 합니다. 이 연구에서 세포의 핵과 막을 강조하기 위해 Wright-Giemsa staining 을 사용하여 세포 형태학적 특성을 기반으로 CTC 를 분류하는 convolutional neural network-support vector machine (CNN-SVM) 알고리즘을 개발했습니다. 각 class 의 고유값을 결정하기 위해 4 개의 형태학적 특징 (Length scale, Shape factor, Intersection over union, RGB index) 을 추출하고 계산했습니다. 그 결과, CNN-SVM 알고리즘은 CTC clusters 분류에 대해 90% 이상의 True positive rate (TPR) 을 달성했습니다. 이는 CNN-SVM 알고리즘이 다양한 유형의 혈액 세포에서 CTC 클러스터를 정확하게 분류한다는 것을 나타냅니다. 따라서, 우리는 이 알고리즘이 암 진단 및 예후를 위한 강력한 도구로서 활용될 것으로 기대합니다.

초미세 발포 박테리아 셀룰로오스의 마찰 및 마모 특성 (Friction and Wear Characteristics of Nano Cellulose Modified by Microcellular Foaming Process)

홍진 · 한재호 · 윤국현 · 김관훈 · 차성운*

연세대학교 기계공학과

Key Words: Bacterial Cellulose(박테리아 셀룰로오스), Microcellular Foaming Process(초미세 발포공정), Supercritical Condition(초임계 조건), Friction(마찰), Wear(마모)

초록: 첨단 융합산업의 급속한 성장에 따라 고부가가치 신소재에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 나노 셀룰로오스는 박테리아 배양을 통해 얻을 수 있는 천연물질로 생분해성과 무독성이 특징이다. 물리적, 화학적, 생물학적 관점에서 다양하게 접근할 수 있으며, 가벼운 무게와 안정적인 열안정성으로 꿈의 소재로 불리고 있다. 나노 입자는 서로를 끌어당겨 셀룰로오스 펠리클을 형성하고, 이는 초음파 처리, pH 제어, 약품처리 등을 통해 특성을 개선하여 다양한 분야에 활용할 수 있다. 셀룰로오스는 내하중, 내마모성, 마찰력을 향상시키기 위한 윤활 첨가제로 적용되어 왔다. 따라서 셀룰로오스의 마찰 및 마모 특성을 인식하고 향상시키기 위해 해당 소재에 초미세 발포 공정을 적용해 보았다.

초미세 발포 공정은 초임계 CO₂ 및 포화된 가스의 빠른 감압을 기반으로 소재 내부에 마이크로 사이즈의 기공을 형성하는 기술로, 포화 압력이 증가하면 CO₂의 분자 위치 에너지가 증가하여 더 큰 발포효과를 얻을 수 있다. 셀룰로오스의 높은 결정도와 수분 함량의 조합은 열 안정성에는 좋은 조건이지만, 초미세 발포에서는 까다로운 조건을 요구하였다. 공정은 가스 포화, 발포, 냉각 및 경화로 수행되었다. *Komagataeibacter Xylinus*에 의해 제조된 직경 8 mm, 두께 3 mm 시편은 10 MPa의 CO₂와 160 °C의 온도에서 4 시간 동안 포화와 발포를 동시에 진행하였다. 그리고 냉각을 위해서는 드라이아이스가 사용되었다. 마찰 시험은 pin-on-reciprocating type tribometer를 사용하여 5 mm 직경의 스테인레스 스틸 볼로 일정한 힘을 가하는 방법을 적용하였다. 장치 상부에 볼을 고정한 후, 하부 이동판에 초미세 발포 시편과 미발포 시편을 고정시키고 왕복운동을 수행하였다. 초미세 발포 시편은 사이클이 증가함에도 마찰계수는 0.3으로 안정된 거동을 보였지만, 미발포 시편은 사이클이 증가할수록 마찰계수 또한 증가하는 결과를 보였다. 초미세 발포 공정은 셀룰로오스의 마찰계수를 감소시켰으며, 안정적인 거동이 가능하도록 하였다.

Optimizing Thermal Reduction Techniques for Graphene Oxide in Next-Generation Sensor Applications

황태종[†] · LIU TIANCI · 전성찬
연세대학교 기계공학과

Key Words: Graphene oxide (산화 그래핀), Reduced graphene oxide (환원된 산화 그래핀), Thermal redox(열적 환원), Sheet resistance(면저항), FET Sensors(전계효과 트랜지스터 센서)

초록: Graphene, known for its remarkable properties, is a single layer of carbon atoms acclaimed for its strength, flexibility, and high conductivity. This groundbreaking material was discovered by using a tape-based extraction. However, the challenge arose when trying to produce it in bulk while maintaining consistency. As a solution, graphene oxide (GO) was introduced. Unlike pure graphene, GO contains oxygen-rich groups which act as insulators. To remedy this, these oxygen groups can be removed, resulting in reduced graphene oxide (RGO) which retains many of graphene's desired conductive properties. The reduction process isn't without its pitfalls. When heat is applied, the oxygen groups can release gases, leading to pressure and potential imperfections in the graphene structure – an issue for precision sensors. Addressing this, our study delved into creating optimal RGO. Through experiments with temperatures ranging from 80 to 325 degrees Celsius and durations from mere minutes to 14 days, our focus remained on achieving consistent RGO for applications in bio and gas sensors.

Modality Hallucination model based improved skeletal classification using lateral facial photos

유희진[†] · 김민지* · 김진우** · 최종은[†]

[†]연세대학교 기계공학과, *이화여자대학교 치과대학 교정과, **이화여자대학교 치과대학 구강악안면외과

Key Words: 딥러닝, 측면두부계측법, 안모사진, 환각모델, 설명가능한 인공지능

초록:

This study aimed to enhance skeletal classification using facial photos exclusively, offering a non-invasive alternative to traditional cephalograms. We utilized aligned facial photos and cephalograms from 3,840 patients through image registration. The hallucination model was trained to improve skeletal classification by leveraging cephalograms during training only, resulting in enhanced performance. This model achieved high AUC values of around 0.9 for sagittal and vertical analyses, outperforming the Standard model. Heatmaps visually confirmed precise classification and displayed unique activation patterns for different skeletal classes. Overall, this research demonstrates the feasibility and effectiveness of their approach, highlighting its potential for non-invasive skeletal classification and its value in clinical decisions and education.

관련기술분야: 바이오 헬스 및 정밀의료
UN 지속가능발전목표: 3. 건강하고 행복한 삶

Mixed gas biomarker analysis of exhaled breath using ssDNA-graphene and artificial intelligence

황윤지[†] · 유희진 · 이길호 · Iman Shackery · 성진 · 정영모 · 성승현 · 최종은 · 전성찬
연세대학교 기계공학과

Key Words: gas sensor(가스센서), exhaled breath(날숨), graphene(그래핀), machine learning(기계학습), deep learning(딥러닝)

초록: Today, as interest in personal health management grows, the demand for systems that diagnose diseases in a simple way is increasing. In human exhaled breath, various disease biomarkers exist mixed with other molecules. In this study, we propose a system that detects and discriminates the mixing state of mixed gas molecules when biomarkers corresponding to diseases such as liver and lung are present in exhaled breath. A sensor array made of graphene combined with ssDNA detects mixed gas molecules in a high humidity state with high reactivity and converts them into electrical signals. Response signal is multidimensional data that is input into our well-trained convolution-based deep learning model to determine the mixing state. Our sensor and deep learning model can be expected to serve as the basis for a future portable diagnostic system that can diagnose diseases using only exhaled breath by almost completely classifying the mixing state of the two types of gas molecules and their ratios.

관련기술분야: 인공지능기반 스마트팩토리
UN 지속가능발전목표: 8. 산업, 혁신과 사회기반시설

Three-dimensional droplet evaporation predictions in temporal domain via physics-added neural networks

Soon Wook Kwon[†] · Hee Min Lee · Seung Cheol Ko · Jun Hong Kim · Joon Sang Lee*

Division of Physics Informed Machine Learning, Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, Seoul 03722, Republic of Korea

Key Words: Physics-informed machine learning, Physics-added neural networks, Droplet evaporation, 3D reconstruction

Abstract: Predicting droplet evaporation in 3D over time is vital for applications like manufacturing QLED displays, where uniform quantum dot layering is essential. Traditional computational fluid dynamics, often precise, requires extensive computational time. Neural network models, while addressing the computational time problem, mostly suffered by the constraints of GPU memory capacity, thereby hindering 3D volume predictions in the temporal domain. This study introduces an innovative approach to bypass the memory capacity challenge, bridging the gap between accuracy and computational efficiency, which are adverse. Our methodology benefit from extracting 2D slices from the 3D volume for temporal predictions. Subsequent reconstruction of these slices facilitates 3D droplet evaporation predictions within the temporal domain. More importantly, we incorporate physical parameters, such as contact diameter, during temporal predictions, enhancing both the generalization performance and the physical consistency of the outcomes.

관련기술분야: 인공지능기반 스마트팩토리
UN 지속가능발전목표: 9. 산업혁신과 사회기반시설 확충

Geometric Analysis Algorithm based on Simulation Data and Neural Network for Nano Grating Structure using Mueller Matrix Spectroscopic Ellipsometry

NAGYEONG KIM ^{†,*} · JUWON JUNG ^{*} · YOUNG-JOO KIM ^{*}

^{*} Department of Mechanical Engineering, Yonsei University, 50 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, South Korea

Key Words: Mueller matrix, Deep learning, Rigorous coupled-wave analysis, 1D-grating nanostructure, Spectroscopic ellipsometry

초록: In submicron structural analysis, precision measurements are increasingly crucial with technological advancements. Mueller matrix spectroscopic ellipsometry (MMSE) is nondestructive tool for nanostructure analysis such as thin film thickness and critical dimensions. In addition, enhanced computational power, combining neural networks and simulation data, enhances MMSE for the structural analysis on the more complex geometries. This study introduces a novel deep learning method, predicting nanostructure features by pairing Mueller matrices with only relatively limited library data. With just 291 pre-generated data, average MAE of 0.1 nm was achieved successfully with a variation range of 25nm. Finally, experimental validation on SiO₂ grating of 38 nm width and 100nm height showed a good agreement on our proposed analysis method in the dimension difference of 0.12 nm in width and 2.3 nm in height compared to those measured by scanning electron microscopy. We confirm that this newly proposed analysis algorithm can be poised for rapid and accurate analysis of periodic nanostructures.

허리 근력 보조 웨어러블 로봇의 학습 기반 제어 알고리즘 : 리프팅 작업에서의 허리 부상 예방과 작업 효율성 향상

김성훈[†] · 신동준[†]

[†]연세 대학교

Key Words: Wearable robot(착용형 로봇), Control system(제어 시스템), Artificial intelligence(인공 지능), Learning-based control algorithm(학습 기반 제어 알고리즘), Lumbar erector spinae muscle assistive robot(허리 근력 보조 로봇)

초록: 현대 사회에서 산업 자동화가 증가하고 있지만, 여전히 작업자들은 무거운 물체를 반복해서 들거나 옮기는 일을 해야 한다. 이런 작업은 작업자의 허리 부상을 초래할 수 있어 물체의 크기와 무게에 따라 다른 리프팅 동작을 취해야 한다. 이에 본 연구에서는 허리 근력 보조 웨어러블 로봇을 활용하여, 리프팅 동작을 구분하고 각각 동작에 알맞게 허리 근력을 보조하는 제어 알고리즘을 제안한다. 제어 알고리즘에는 IMU 센서 데이터를 활용하여 인공지능 학습을 수행하고, 리프팅 동작을 분류하는 모델을 포함한다. 또한, 각 동작에서 사용되는 허리 근육의 활성화 패턴을 분석하고 이를 바탕으로 제어 알고리즘을 구성하였다. EMG 센서를 이용하여 각 동작에서의 근 활성도를 비교하여 개발된 보조 제어 전략의 효과를 검증했다. 실험 결과, 모든 허리 근육군에서 근 활성화 정도를 나타내는 지표인 %MVC 값이 감소하여 그 효과를 증명했다. 본 연구에서 개발된 시스템은 다양한 물체를 효율적으로 들어올리기 위한 보조를 제공함으로써, 물리적 피로를 감소시키고 업무 효율성을 향상시킬 수 있음을 증명했다. 이러한 결과를 바탕으로 본 연구는 작업자들의 건강과 작업 환경 개선을 위한 중요한 연구로서, 회사의 생산성 증진에도 큰 도움이 될 것이다.

The effect of atomic hydrogen on the behavior of a single dislocation of $\langle 111 \rangle \{112\}$ in bcc tungsten: atomistic study

Hyoungryul Park^{†*} · Sunil Moon^{*} · Keonwook Kang^{*}
**Yonsei University, Republic of Korea*

Key Words: Molecular dynamics(분자 동역학), Peierls stress(파이어스 응력), Dislocation mobility(전위 이동성), Solute drag(용질 드래그), Hydrogen(수소)

초록: Tungsten(W) has been spotlighted as a plasma-facing material (PFM) in the extreme environment of nuclear fusion due to its excellent physical properties. However, hydrogen(H) bombardment accompanied by intense neutron irradiation leads to the degradation of the material performance via defect formation and hydrogen embrittlement. In this study, one of the major mechanisms behind the hydrogen embrittlement phenomenon, HELP (Hydrogen Enhanced Localized Plasticity)[1], is covered to understand the correlation between H concentration and mechanical property change of W. The authors show the effect of H on the mobility of dislocation varying shear stress applied, temperature, and concentration of H around a single dislocation to understand the HELP mechanism. First, the binding energy of H was calculated around a dislocation to observe stable interstitial sites for each case. Afterward, inserting hydrogen in the most stable binding site, Peierls stress at 0K, where dislocation starts to move, was calculated. In the finite temperature, the dislocation mobility under applied stress was carried out so that the effect of H atoms on the mechanical properties of tungsten can be explained quantitatively.

Acknowledgements

This research was supported by mid-career researcher program (NRF-2022R1A2C2011266) through the NRF(National Research Foundation of Korea) and KISTI(Korea Institute of Science and Technology Information) Supercomputing Center and NVIDIA AI Tech. Center(NVAITC) (KSC-2022-CHA-0005).

References

- [1] May L Martin, Mohsen Dadfarnia, Akihide Nagao, Shuai Wang, and Petros Sofronis. Enumeration of the hydrogen-enhanced localized plasticity mechanism for hydrogen embrittlement in structural materials. *Acta Materialia*, 165:734–750, (2019)

관련기술분야: 인공지능기반 스마트팩토리

UN 지속가능발전목표: 12. 지속가능한 생산과 소비

PCB 기판 진동 소음을 고려한 MLCC 실장 위치 선정에 관한 연구

박영진[†] · 김휘재^{*} · 차진우^{*} · 박노철^{*}

[†]연세대학교 기계공학과, ^{*}연세대학교 기계공학과

Key Words: 적층 세라믹 커패시터, 유한 요소 해석, 모드 형상

초록: MLCC(Multi-Layer Ceramic Capacitor)란 다층 세라믹 커패시터로써 전자회로에 사용되는 커패시터의 한 종류이다. 이 커패시터는 다층 구조로부터 작은 사이즈에 비해 높은 전기 용량을 갖는다는 이점으로 수많은 전자 제품에 사용된다. 또한, 이 커패시터는 내부에 유전체와 전극이 적층 되어 있어 MLCC 에 전압이 인가되면 피에조 효과에 의해 유전체의 변형이 발생하게 되고 이러한 변형은 PCB 기판의 진동으로 이어지게 된다. 소형 크기인 MLCC 의 자체 가진력은 상당히 약하지만 MLCC 의 구동 주파수와 PCB 기판의 공진 주파수가 일치하게 되면 사용자에게 불편함을 초래할 만큼의 진동 소음이 발생할 수 있기 때문에 이를 저감하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 PCB 기판의 동특성을 고려하여 MLCC 의 실장 위치를 선정함으로써 진동 소음을 저감하고자 하였으며 이에 대한 검증을 위하여 유한요소해석을 수행하였다.

관련기술분야: 인공지능기반 스마트팩토리
UN 지속가능발전목표: 12. 지속가능한 생산과 소비

Observation of the flow of Phosphoric acid in the semiconductor cleaning equipment and its impact on wafers using Ansys Fluent simulation

신윤범[†] · 이창훈^{†,*}

[†]기계공학과, *수리계산학부

Key Words: semiconductor equipment, batch type, wafer, convection

초록: ANSYS FLUENT 를 사용하여 반도체 파티클 세정에 필수적인 cleaning 공정에서 다량의 wafer 들을 동시에 처리하는 설비의 bath 에서 인산수용액(Phosphoric acid)의 유동을 관찰했다. 직육면체의 bath 안에 는 최대 50 장의 wafer 가 vertical 로 담겨지며 내조(Inner bath) 하부에서 케미컬이 공급되고 외조(outer bath)로 넘쳐서 지속 순환하는 공정이다. 약 160°C 의 인산수용액이 하부 파이프를 통해 공급되고 bath 벽면에 설치된 히터가 인산수용액을 163°C 로 유지한다. 히터에 의해 가열된 인산이 끓어 넘칠 때 bath 내 대류 유동을 관찰했다. 유동 흐름이 wafer 에 미치는 영향은 본 발표에서 자세히 설명할 예정이다.

How AI and Robotics Can Build Furniture: A Case Study from the 2021 AI-Robot Assembly Challenge

윤성섭* · 최명수** · 조민영*** · 김근환* · 이동혁** · 전세웅*** · 배지훈** · 신동준**

*연세대 학교, **한국생산기술연구원, ***한국전자기술연구원

Key Words: Robot Assembly(로봇 조립), AI-Based Planning(AI 기반 계획), Vision-Based Recognition(비전 기반 인식), Multi-Robot Manipulation(다중 로봇 조작), Multi-Fingered Robotic Hands(다지 로봇 손)

초록: The "Furniture Assembly AI-Robot Challenge 2021" is a competition that utilizes artificial intelligence (AI) and robots to assemble furniture and assess the quality of the assembly. To generate commands that a robot can execute for the assembly instructions, it is crucial to develop an AI-based algorithm to recognize and interpret the assembly process based on the provided instructions. The assembly robot must be dexterous and capable of safely executing assembly tasks without operator intervention. Before the assembly process, our team employed the Faster-region-based convolutional neural networks (Faster-RCNN) and the multi-object rectified attention network (MORAN) recognition methods to identify the assembly instructions, creating a connection relationship tree structure to interpret the recognized information. The robot utilized a developed multi-fingered gripper and a manipulation station to quickly and precisely complete the assembly task. Based on these exceptional results, our team was awarded first place, thus validating the adequacy of the proposed AI-robot system for complex furniture assembly tasks.

트라이볼로지 영역에서의 머신러닝/딥러닝 기법 활용

조형근[†] · 장일광* · #장용훈**
[†]연세대학교 대학원 기계공학과 박사과정생
* 연세대학교 기계공학과 연구교수
** 연세대학교 기계공학과 교수

Key Words: Tribology(트라이볼로지), Machine learning(머신 러닝), Deep learning(딥러닝), Convolution neural network(컨볼루션 신경망)

초록: 본 연구는 트라이볼로지 현상을 신속하고 정확하게 식별하기 위하여 머신러닝/딥러닝 기법 활용 방안을 제시한다. 트라이볼로지 영역에서는 접촉면에 대한 정보가 중요한 요소 중 하나이다. 이러한 접촉면에서 발생하는 마찰력은 마모와 피로를 야기시켜 기계 부품의 신뢰성에 영향을 미치며, 열 및 전기적으로 에너지 손실을 초래하여 시스템 성능 저하를 유발하기도 한다 [1]. 그러나, 기존에는 실험장비를 통해 접촉면 정보를 얻고 트라이볼로지 현상을 평가하였지만, 실험적으로는 직접적인 접촉면 정보를 얻을 수 없을 뿐 아니라 수치해석적으로 현상을 분석하기에는 상당한 시간이 소요되는 문제가 있다 [2].

따라서 본 연구에서는 딥러닝 알고리즘을 통한 고속 및 고정밀 트라이볼로지 현상 예측을 수행한다. 구체적으로는 접촉면 분포, 접촉압력 분포, 전기접촉저항 등의 트라이볼로지 현상 예측을 위한 딥러닝 알고리즘 및 방법론을 제시하고, 이를 통해 트라이볼로지 영역의 연구에 기여하는 것을 목표로 한다.

후 기(Acknowledgments)

이 성과는 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2021R1A2C3010731)

참고 문헌(References)

- Swingler, J., McBride, J.W., Maul, C., Degradation of road tested automotive connectors, *IEEE Trans. Compon. Packag. Technol.* 157-164 (2000) <https://doi.org/10.1109/6144.833055>
- Barber, J.R., Contact mechanics, *Springer*, (2018) <https://doi.org/10.1007/978-3-319-70939-0>

관련기술분야: 인공지능기반 스마트팩토리, 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 12. 지속가능한 생산과 소비

머신러닝을 활용한 공작기계 에너지 소비 예측

송원택* · 오인욱* · 황순홍* · 민병권*†

†교신저자, *연세대학교 기계공학과

Key Words: Energy efficiency(에너지 효율), Machining process(가공 공정), Time-series data(시계열 데이터)

초록: 지속가능한 생산과 비용 저감을 위해 공작기계의 에너지 소비에 대한 관심이 증가하고 있다. 공작기계 에너지 소비 모델링은 공정 계획, 공작기계 설계 등 공작기계 에너지 효율 향상을 위해 다양하게 활용될 수 있다. 공작기계의 에너지 소비는 복잡한 가공 경로와 다양한 가공 파라미터에 따라 변화하며, 에너지 예측을 위해서는 복잡한 물리 모델과 이로 인한 많은 연산 부하가 요구된다. 본 연구는 다양한 가공 조건(이송 속도, 스피들 속도, 가공 깊이)에서 에너지 소비 예측이 가능한 데이터 기반의 에너지 소비 예측 모델을 제작하였다. 제안한 모델은 시계열 머신러닝 알고리즘 중 하나인 1D CNN 이 적용되었으며, 모델 학습을 위해 CAM/CNC 에서 수집한 공정 데이터와 전력계로 측정된 전력 데이터가 사용되었다. 개발한 모델의 예측 정확도를 검증하기 위해 가공 중 측정된 에너지 소비량과 예측한 에너지 소비량을 비교하였다.

마찰 모델 분리 및 목적함수 차원 저감을 통한 로봇 매니플레이터 모델 파라미터 고속 식별

임종민* · 이준수* · 이주형* · 민병권*†

†교신저자, *연세대학교 기계공학과

Key Words: Dimensionality reduction(차원 축소), Friction decoupling(마찰 분리), Linear regression(선형 회기), Stribeck curve(스트라이벡 곡선)

초록: 로봇 매니플레이터 모델은 관성과 중력, Coriolis 와 Centrifugal 힘으로 구성되며 각 관절에 작용하는 마찰 모델을 포함한다. 장비의 동적 거동을 높은 정확도로 예측하기 위해서 비선형 마찰 모델이 요구된다. 유전 알고리즘과 같은 전역 최적화 방법을 활용하여 비선형 모델 파라미터 식별이 가능하나 상당한 연산 부하와 시간이 소요된다. 본 논문에서는 마찰 및 비마찰 모델의 분리 식별 및 목적함수의 차원 저감을 통한 고속 식별 방법을 제안한다. 일반적으로 비마찰 모델과 달리 마찰 모델은 속도에 대한 함수이므로 마찰 모델 항을 속도에 대한 보존항으로 유도 가능하다. 이를 활용하여 비마찰 모델 식별 시 마찰 모델의 분리가 가능하다. 또한, 마찰 파라미터를 스트라이벡 속도에 대한 함수도 유도하여 1 차원의 목적 함수를 정의하였으며 이를 통해 연산 부하 및 시간을 저감하였다. 실험을 통해 제안한 방법을 활용하여 로봇 매니플레이터 모델을 식별하였으며 유전 알고리즘 및 제안 방법의 예측 시간 및 정확도를 비교하였다.

관련기술분야: 핵심기계기술, 인공지능기반 스마트팩토리

UN 지속가능발전목표: 12. 지속가능한 생산과 소비

Magnetic Field Analysis for 6-DOF Screw-motion Permanent Magnet Synchronous Motor by 3-D Cylindrical Layer Model

정상원[†] · 김재현[†] · 윤형민[†] · 윤준영[†]

[†]연세대학교 기계공학과

Key Words: 3-D 전자기 모델, 영구자석 동기모터, 자기 베어링, 자기장 해석

초록: The demand on compact implementation of multi-degrees-of-freedom (DOF) driving systems is increasing in various industrial fields. Among them, a screw-motioned mechanism that drives both linear and rotational motion simultaneously is widely used in the surface mount technology (SMT) and robot machining systems. This article presents a novel magnetic design of 6-DOF screw-motioned permanent magnet synchronous motor (Sm-PMSM), which is capable of driving long-stroke screw-motion and 4-DOF magnetic bearing, simultaneously. We also introduce the working principle to operate the 6-DOF motion independently and 3-D cylindrical layer model to accurately and rapidly estimate the magnetic fields in the air gap and associated 6-DOF forces and torques. The proposed modeling method is validated by an equivalent finite element analysis (FEA) model, showing significant agreement with a normalized root mean squared error (NRMSE) of below 3% in magnetic fields, while the computational speeds are significantly faster, namely two orders of magnitude as compared to the 3-D FEA, using the identical computation system.

확장 요철이 설치된 가스터빈 블레이드 전연면 냉각 유로 열전달 특성

김태현[†] · 김진훈^{**} · 박희승^{*} · 송호섭^{*} · 문희구^{***} · 조형희^{*}

[†]연세대학교 기계공학과, ^{*}연세대학교 기계공학과, ^{**}대한민국 해군, ^{***}연세대학교 신발전공학과

Key Words: Internal Passage Cooling(내부 유로 냉각), Leading Edge(전연부), Triangular Channel(삼각 유로), Local heat/mass transfer measurement(국소 열/물질전달 측정)

초록: 고온의 연소가스의 정체점 형성으로 인해 높은 열부하를 받는 블레이드 전연면을 냉각하는 방법 중 하나는 요철을 설치한 내부 유로를 형성하는 것이다. 본 연구에서는 블레이드 내부에 설치되는 삼각 채널에 새로운 형태의 요철을 설치했을 때 나타나는 유동과 열전달 특성을 수치 및 실험적 방법으로 확인하였다. 냉각 유로의 형태는 한 쪽 모서리가 둥근 형태의 삼각형 유로이고, 주요 변수는 요철의 확장 길이이다. 요철 확장 길이에 따른 열전달 특성을 바탕으로 최적화 과정을 거쳐 최적의 요철 형상을 선정하고 열전달계수를 측정, 분석하였다. 레이놀즈 수는 20,000 에서 40,000 까지에 대해 실험을 수행하였으며 레이놀즈 수 30,000 기준 확장되지 않은 기본 요철 대비 약 13%의 냉각 성능 향상을 확인할 수 있었다.

관련기술분야: 지능형 첨단 국방기술 / 핵심기계기술

UN 지속가능발전목표: 7. 에너지와 친환경적 생산과 소비

전투기 레이돔 적용을 위한 전파-적외선 동시 위장 유연 메타표면

남주영** · 장인중* · 임준수* · 우하늘** · 육종관** · 조형희*

*연세대학교 기계공학과, **연세대학교 전자전기공학과

Key Words: Infrared stealth (적외선 스텔스), Frequency selective surface(선택 투과 표면), Metamaterial(메타물질), Optimization(최적화)

초록: 항공기의 생존성을 향상시키기 위하여 스텔스 기술은 필수적이며, 첨단기술인 메타물질을 활용한 적외선 및 전파 대역에서의 스텔스 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 레이돔과 같이, 전파 통신이 필요한 부분과 공력가열에 의한 적외선 신호가 많이 발생하는 부분이 상당부 일치하여 전파 통신과 적외선 위장이 동시에 가능한 표면의 개발이 요구된다. 이에 본 연구에서는 전파의 선택적 투과 성능 (frequency selective surface)이 가능하면서 적외선 신호를 제어할 수 있는 메타표면을 설계하였다. IR 방사율 제어 성능과 주파수 선택 투과 성능의 최적 설계를 위하여 particle swarm optimization 알고리즘을 활용하였으며, 포토리소그래피 공정을 활용하여 대면적/유연 메타표면을 제작하였다. 적외선 대역에서 77.7%의 방사율 제어 성능과 X-band 중심 주파수에서 최대 93.8%의 선택 투과 성능을 확보하였고, 곡면에서도 해당 성능이 유지됨을 확인하였다.

관련기술분야: 지능형 첨단 국방기술
UN 지속가능발전목표: 16. 인권, 정의, 평화

Large area optically transparent frequency selective surface absorber for dual band millimeter-wave / IR stealth

이진아[†] · 한기욱* · 심현보* · 한재원**

[†] * ** 연세대학교 기계공학부 광학스텔스소재연구실

Key Words: transparent(투명), multispectral stealth(다중대역 스텔스), frequency selective surface(주파수 선택 표면), large area fabrication(대면적 제작)

초록:

In this study, a large area optically transparent frequency selective surface absorber (OTFA) for dual-band millimeter-wave/IR stealth was designed and fabricated. ITO coated PET films were processed by wet etching and laminating with OCA in commercial display production process, 40cm*40cm size OTFA was fabricated. It achieved absorptivity over 95% at 35 GHz and 94 GHz. Also, transmission more than 65% in visible band. ITO pattern at the surface shows average emissivity less than 25%. The study's results suggest that the proposed absorber has significant potential in stealth technology for its large-scale production possibilities, with multispectral stealth performance

관련기술분야: 지능형 첨단 국방기술

UN 지속가능발전목표: 9. 산업혁신과 사회기반시설 확충

Comparative Analysis of Flow Simulations in the Rim Seal System of a Gas Turbine's Secondary Euro System: Fixed vs Roational Domain Approach and Steady vs. Unsteady State Predictions

최한민[†] · 이창훈^{†,*}

[†]기계공학과, *수리계산학부

Key Words: gas turbine, rim-seal, secondary flow system

초록: Ansys Fluent 를 사용해서 가스터빈 2 차유로 시스템인 rim-seal 내 유동 해석을 진행했다. 본 연구에선 stator 와 rotor 사이에 존재하는 cavity 에 대하여 유동장을 고정도메인으로 설정한 해석과 회전도메인으로 설정한 해석을 비교하고 타당성과 합리성을 제안하고자 한다. 일반적으로 2 차유량이 증가할수록 도메인에 대한 해석 값의 차이는 줄어드는 것으로 많이 알려져 있다. 이에 대한 타당성도 검증 한다. 마지막으로 Frozen rotor 방법론과 uRANS 방법론까지 비교하여 시뮬레이션 결과의 정확성을 높였다. ICEM mesh 를 이용하여 격자의 퀄리티를 높였고, K-epsilon 모델을 이용하여 유동을 구현했다.

관련기술분야: 지능형 첨단 국방기술

UN 지속가능발전목표: 16. 평화로운 사회와 책무성 있는 제도 구축

Ultra-thin Multispectral Radar-IR Frequency Selective Absorber for Unmanned Aerial Vehicles

최현석[†] · 한재원* · 강건욱**

[†]저자 1의 소속, *저자 2의 소속, **저자 3의 소속

Key Words: Unmanned aerial vehicle(무인항공기), Frequency selective absorber(주파수 선택적 흡수체), Radar(레이더), Infrared(적외선), Ultra-thin(초박형)

초록: In this study, we proposed ultra-thin multispectral frequency selective absorber (UMF) for unmanned aerial vehicles (UAVs). Infrared stealth was realized through selective absorption of near-infrared (NIR) laser and reflection of thermal infrared (IR) signal, by generating surface plasmon polariton. Radar stealth was designed to have broadband absorption performance at 8~12 X-band bandwidth and was realized through impedance match by designing resonant cavity with multiple resonant modes. Multispectral selectivity was realized on single layer for thickness reduction through combining two differently scaled pattern and their compatibility was tested. UMF performance was tested through FDTD simulation and was cross-checked with theoretical background. In result, 58.85% reduction of thickness was achieved compared to preceding studies. Stealth performance showed 93 % absorption of NIR laser, 5 % emission of thermal IR, 95% absorption in the peak of broad radar and 65% absorption overall.