

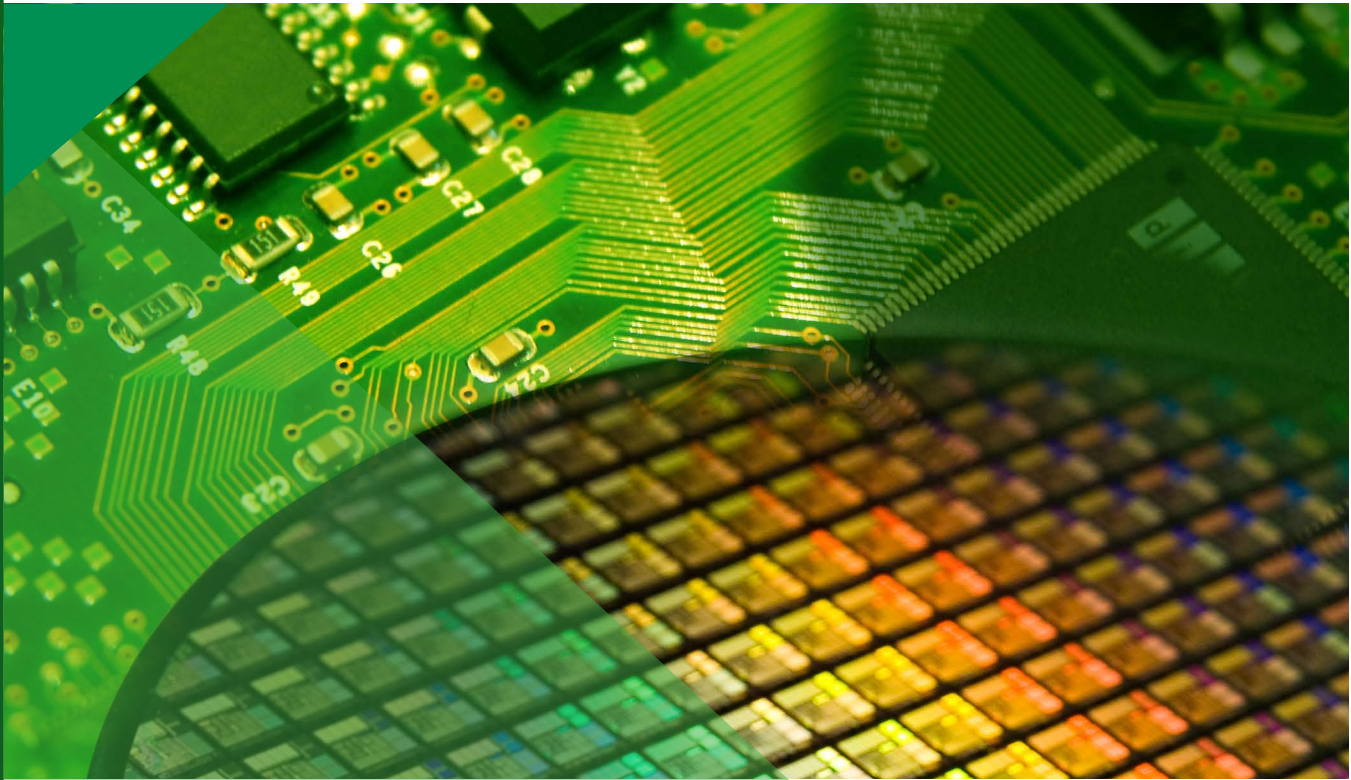
# 理学硕士学位 绿色微纳电子

TUM Asia

Technical  
University  
of Munich



NANYANG  
TECHNOLOGICAL  
UNIVERSITY  
SINGAPORE



## 简介

### 联合学位

由慕尼黑工业大学（TUM）和新加坡南洋理工大学（NTU）联合授予

### 20个月全日制课程

上课地点：新加坡

### 实用性知识

实习及论文为必修科目

### 全球化前景

国际认可的学位（中国教育部承认）

### 入学

每年8月份

### 申请

10月15日起开始在线申请，网址为：  
[www.tum-asia.edu.sg](http://www.tum-asia.edu.sg)

**1** 慕尼黑工业大学德国  
排名第1<sup>+</sup>

**1** 南洋理工大学的工程类  
专业在亚洲排名第1<sup>++</sup>

**1** 南洋理工大学“产业收  
入和创新”世界排名  
第1<sup>\*</sup>

**8** 慕尼黑工大在全球就  
业能力调查中排名第  
8<sup>^</sup>

**50** 慕尼黑工大和南  
洋理工大学的排  
名均为世界前50<sup>#</sup>



## 慕尼黑工业大学

Technical University of Munich (TUM)

慕尼黑工业大学(TUM)是欧洲顶尖的研究型高校之一\*, 目前拥有大约545名教授、10100名教职员以及超过40000名学生。慕尼黑工大的重点研究领域包括工程科学、自然科学、生命科学和医学。同时,也创立了管理和教育学院。“柴油机之父”鲁道夫·狄塞尔和“制冷机之父”卡尔·冯·林德等诺贝尔奖获得者和发明家都在慕尼黑工大做过研究。

慕尼黑工大作为创业型大学,一直致力于培养能为社会创造价值的人才。与此同时,在科学和产业领域都有着强实力的合作伙伴。国际化的慕尼黑工大在新加坡设有亚洲校园,并在北京、布鲁塞尔、开罗、孟买和圣保罗都设有办事处。

慕尼黑工业大学坚守为创造更好社会的宗旨,在2002年成立了慕尼黑工业大学亚洲(TUM Asia),是全球第一所德国高校的海外直属分校。凭借慕尼黑工业大学与新加坡国立大学(NUS)、南洋理工大学(NTU)以及新加坡理工大学(SIT)等新加坡顶级高校的合作关系,TUM Asia提供独立开授以及联合开授的本科和硕士课程。

与企业保持紧密的合作关系来确保课程的相关与实用性,德国工程学和亚洲特色的独特组合,使TUM Asia的毕业生有能力进入国际化的企业或科研机构继续发展。拥有超过十年的教育经验,TUM Asia将致力于推出更高质量的教育课程,以满足亚洲工业市场的需求。

\*根据上海2011, 2012和2013年上海交大世界大学学术排名

## 新加坡南洋理工大学

Nanyang Technological University (NTU)

自1991年成立以来,南洋理工大学已经成长为一所综合性研究型大学,是世界排前50\*\*名的亚洲大学中发展最为迅速的大学之一。来自70多个国家的3800多名优秀教研人员凭借他们创新的视野和丰富的行业经验为南大的高质量的教研工作贡献着自己的力量。

南大的学术和研究项目与现实社会发展紧密结合,得到了大型企业和行业领导者的大力支持——他们为大学提供科研资助,与大学建立合作伙伴关系以及为南大的学生提供全球各地的实习机会。

根据2014年的QS排名,南大的电子电气工程专业排在全球第10位。作为新加坡主要的理工类大学,南大对推动新加坡在科研和创新领域的发展作出了杰出的贡献。

\*\* 根据2013/14 QS世界大学排名



# 理学硕士学位

## 绿色微纳电子

慕尼黑工大-南洋理工大学联合开授的硕士课程“绿色微纳电子”（理学硕士）旨在使学生能够全面深入地学习微/纳米制造技术、可再生能源、功率半导体以及有机半导体器件和系统的有关知识。

### 科目要求

# 18

学生必须在2个学期内完成18门科目（8门必修科目，4门选修科目，5门跨学科科目，1门商务和科技英语科目）

# 45

每门必修及选修科目包括45个课时

# 8

学生需要修读8门技术类必修科目



### 联合学位

由慕尼黑工业大学（德国）和南洋理工大学（新加坡）联合授予



### 3个学期

全日制，以研究和应用为导向的课程，包括实习和硕士论文



### 行业导向

我们的教授积极参与研究和教学工作，并根据最新的技术趋势和知识来设计课程



### 全球机遇

你可以选择在慕尼黑、新加坡或世界的任何地方完成实习和论文，以及获得工作机会

### 课程设置：20个月

八月



抵达新加坡

五个月



- 商务和科技英语科目
- 必修科目
- 实验室科目
- 跨学科科目

六个月



- 必修科目
- 选修科目
- 跨学科科目

三个月



实习

六个月



在NTU、TUM、相关企业或研究机构完成硕士论文

毕业



学业结束

# Module Synopsis

## Core Modules

### Microfabrication Technology

Photolithography technology. Photoresist technology. Advanced lithography. Metrology defect inspection and analytical technique. Cleaning technology. Wet etching process and technology. Dry etching process and technology. Chemical mechanical polishing. Epitaxy. Plasma enhanced chemical vapor deposition. Atomic layer deposition. Physical vapor deposition.

### Materials for Electronic Devices

Bonding between atoms. Electronic and atomic structures. Basic crystal structures. Energy band. Semiconductors, insulators and organic materials. Defects and doping. Surface and interface. Functional properties of materials. Compound semiconductors. Nanostructures. Electronic ceramics.

### Bioelectronics

Introduction to bionanotechnology. Materials: electrolytes, organic molecules, lipid bilayers, DNA, proteins. Nanofabrication techniques and self-assembly. Biofunctionalization of solid surfaces. Surface analytics and characterization. Electrical biosensors: solid-liquid interface, surface plasmon resonance, quartz microbalance, electrochemical impedance, nanopores, nanowires. Charge transfer in biomolecules: fundamentals and applications.

### Nanotechnology for Energy Systems

Approaches to nanotechnology: bottom-up vs. top-down. Characterization and fabrication issues in the nanoscale. Applications of nanotechnology in electronics, optoelectronics, telecommunications, medicine, biology, mechanics and robotics. Overview of nanotechnology programs in USA, Japan and Europe. Nanomaterials and nanosystems for energy applications. Examples of nanotechnology energy production, energy storage, energy harvesting, and high voltage technologies. A look into the future: electro and photocatalysis, hydrogen production and storage. Economical implications of nanotechnology in the energy field.

### Microstructured Devices and Systems for Green Electronics

Basic physical effects in solid-state microstructured electronic and micromechatronic devices and their application fields (microelectronics, microsensors, microactuators, and microsystems). Characteristic material properties of semiconductors: Intrinsic and extrinsic electrical conductivity, mobility, charge carrier transport by drift and diffusion, carrier generation-recombination, thermal conductivity, energy domain coupling effects (thermoelectricity, piezoresistance, piezoelectricity, thermoelasticity, galvanomagnetism etc.). Basic operational principles of microdevices: pn junction, MOS field effect, unipolar and bipolar electronic devices, power devices, various transducer effects. Phenomenological transport theory: Onsager's transport model, continuous field models of energy-coupled multi-domain systems, physics-based macro-modeling of microsystems. Selected sensor and actuator application examples.

### Optomechatronic Measurement Systems

Fundamentals of optomechatronic measurement systems. Light sources and detectors. Refraction, interference and diffraction. Electronic speckle pattern interferometry. Thin film reflectometry as an in-situ deposition sensing technique. Ellipsometry for thin layer analysis. Optical waveguide sensors and their application in renewable energy devices such as wind turbines. Fourier transform infrared spectroscopy for detection of greenhouse gases. Applications of optomechatronic measurement technology in Green Electronics industry, including fundamental understanding of: Patent protection and patent strategy for optomechatronic measurement devices.

### Laboratory 1 Semiconductor Process and Device Simulation

Process models: diffusion, oxidation, implantation. Process variables/targets: doping profiles, junction depths, oxide thickness. Process simulation: Simulate a given sub-micron CMOS process recipe and study profiles and layer structures. Physical models. Numerical algorithms and solutions. Device performance parameters. Short-channel effects. DC simulations. Device simulation: Simulate the DC characteristics of the "fabricated" device and analyze device operation with respect to potential, field, and carrier distributions as well as terminal I-V characteristics. Wafer-split experiment. Device-target vs. process-variable relations. Transistor performance optimization/trade-offs through process variation. Technology development and optimization. Design of Experiment (DOE): Implement a computer experiment to study the scaling characteristics (varying gate length) of the given sub-micron technology. Study the influence of process variations on device performance parameters.

### Laboratory 2 Design and Modeling of Nanodevices

Quantum blockade, quantum Ohm law, quantum conductance, quantum capacitance, quantum confinement, coherent transport, and transmission. Nanowire, transistors, influence of interface properties, low current to high current regime, scattering to ballistic regimes, noise spectrum. Quantum well. Energy subbands and wave functions. k.p methods. Band structure calculation by using single band and 6-band k.p methods. Density of state, doping concentration, and Fermi energy level calculations by using single band and 6-band k.p methods. Intersubband and (intraband) transition. Squared transition element calculation. Absorption spectrum. Cut-off wavelength of photodetector. Influence of Ge composition and well width on peak wavelength of photodetectors. Transition energy. Emission wavelength. Doping concentration. Fermi level. Organic devices (Organic thin transistors, OLED, organic solar cells). Molecular diodes and switches. Carbon Nanotubes.

## Cross Discipline Modules

- Aspects of Asian and European Relations Today
- Cultural, Social & Economical Aspects of Globalisation
- International Intellectual Property Law
- Selected Topics in Business Administration
- Selected Topics in Business Management

## Elective Modules\* (Choose 4)

### Introduction to the Power Systems

Structure of the power system: generation, transportation and distribution and electricity consumption. Introduction to typical power plant types including new renewable technologies. Description of the transport, distribution and control philosophy. Introduction to the electricity demand, especially due to new electronic services. Fundamental terms of energy economy and electricity markets. Introduction into smart grids.

### Low Power Displays and Solid-State Lighting

Low power flexible displays. OLED displays on flexible substrates. Printing processes for information displays. Evolution of Visible-Spectrum light emitting diodes. LED design principles. Visible-Spectrum LED. White LED. Current topics in solid state lighting.

### Nanophotovoltaics

Third generation photovoltaics. Quantum dot tandem cells. Hot carrier cells. Multiple electron hole pair generation. Impurity and intermediate band devices.

### Green Nanotechnology

Energy flow in environment. Optical properties of nanomaterials. Spectral selective windows. Solar thermal collectors. Solar cells. Cooling and energy harvesting. Electrochemical energy storage.

### Polymer Electronics

An overview of Polymer Electronics. Electronic structure and band theory. Beyond polyacetylene. Optoelectronic properties. Charge transport. Synthesis and macromolecular design. The physics of polymers. Surfaces and interfaces. Polymer transistors. Optoelectronic devices. Photovoltaic devices (organic and dye sensitized solar cells). Polymeric memories.

### Semiconductor Power Devices

Fundamentals of semiconductor device physics: electronic band structure, intrinsic and extrinsic conductivity, mobility, carrier transport by drift and diffusion, carrier generation and recombination, impact ionization, pn-junction, MOS field effect. Power device structures: PIN diode, Schottky diode, bipolar junction transistor, thyristor, power MOSFET, insulated gate bipolar transistor (IGBT). Robustness and destruction mechanisms of power devices: thermal breakdown, electrical breakdown, dynamic avalanche, latch-up in IGBTs, cosmic ray induced failure.

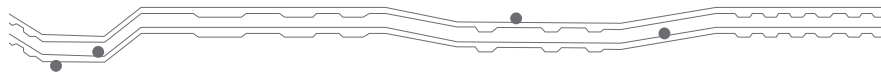
### Advanced MOSFET & Novel Devices

Historical development of mainstream MOSFETs until today: economical, technological, and physical fundamentals. Properties of long channel and short channel MOSFETs, high-field effects, scaling rules. Basics of charge carrier transport, drift-diffusion, Boltzmann-Bloch equation, hydrodynamic transport, ballistics and consequences for IV-characteristics. Advanced MOSFETs, mobility-enhancement, metal-gate, FinFETs, MuGFETs. Hot-electron and ballistic transistors, Impact-MOSFETs, Spintronic devices. Tunneling-MOSFETs, single-electron transistors.

### Modern Semiconductor Devices

\*Disclaimer: Elective modules available for selection are subject to availability. Unforeseen circumstances that affect the availability of the module include an insufficient number of students taking up the module and/or the unavailability of the professor. TUM Asia reserves the right to cancel or postpone the module under such circumstances.

# 硕士课程申请



## 申请条件\*

科学、电气、电子工程或相关专业的大四在读生或毕业生可以申请。强烈推荐学生具有半导体物理、电磁学及有机化学（或电化学）方面的基础知识。

申请时，需要提交以下文件：

- 提供一份本科学位证和毕业证(公证书)\*\*
- 提供一份大学期间成绩单(公证书)\*\*
- 提交由不同的教授或上司写的二份推荐信
- 提交一页（A4纸）动机陈述信，阐述你为何对申请的课程感兴趣
- 提交一份个人简历
- 提交一张护照照片\*\*及护照复印件（有个人资料的护照页）
- 托福或雅思成绩（母语为非英文或本科课程的授课语言为非英文的申请者需要提供）
- APS审核证书（凡毕业于中国、越南及蒙古的申请者需提交APS审核证书）

注意：

申请者的申请学历如果来自中国、越南和蒙古，需要通过德国驻地大使馆文化处留德人员审核部（简称留德审核部（APS））举办的审核测试，取得APS证书，才能够申请德国的大学。

托福成绩要求：分数不低于605分（Paper-Based test）/ 分数不低于100分（Internet-Based test）

雅思成绩要求：总成绩不低于6.5分

重要提示：所有非英文的文件必须由国家依法设立的公证处进行翻译和公证。

备注：

\*关于申请流程的具体介绍请登陆官网：[www.tum-asia.edu.sg/application-process](http://www.tum-asia.edu.sg/application-process)

\*\*所有通过申请并将入学的申请者需要额外提供三份本科学位证和毕业证公证书，三份大学四年成绩单公证书和三张护照照片

## 申请方式

每年10月15日开放在线申请：[www.tum-asia.edu.sg](http://www.tum-asia.edu.sg)

## 费用

### 申请费

每个课程：  
79新币  
(包含消费与服务税)

### 学费

34,240新币\*（实际费用分为欧元和新币）  
学费包括教学费、实验室使用费和其他教学活动的必要开支。以下费用不包括在内，应由学生另行支付：机票、住宿、生活费和南洋理工大学的学杂费（包括登记、IT设施、入学注册、考试、设施、版权、体育项目、保险以及医疗费用）。学费分为三个学期支付。

\*此学费数额为2017年8月1日最新制定。学费的具体数额可能会受汇率变化影响，TUM Asia会酌情修改。以上所列举费用包含新加坡政府征收的7%的消费与服务税。最新学费数额请参照 [www.tum-asia.edu.sg/MScfees](http://www.tum-asia.edu.sg/MScfees) 公布的信息。



Campus of Nanyang Technological University (NTU)





## 在TUM Asia 学习：“人才是我们的财富，声誉是我们的回报”

### 企业家式的思维与行动

TUM Asia拥有一间充满国际化气息，同时又活力四射的校园。我们的课堂体现了国际化 - 我们的学生来自超过28个国家。在这里，学生们不仅仅能够学到书本上的知识，还能够在与来自不同国家以及不同文化背景的同学的交流中有所收获。课堂上大家讨论的想法和观点，常常会涉及多种现实的经济形势，学生们可以从不同的角度去思考分析问题，提高自己用创新性方式解决问题的能力。在这独特的20个月的联合硕士课程中，学生们不仅仅获得技术和科学方面的知识，还可以通过学习与商业和文化有关的课程来拓展

### TUM Create - 电动车研究中心

慕尼黑工大以其在创新方面的研究实力和优势而闻名。正因为如此，在TUM Asia的带领下，慕尼黑工大（TUM）和南洋理工大学（NTU）在新加坡联合创立了研究基地TUM Create。该电动车研究中心汇聚了来自德国和新加坡的专业知识和创新思想，旨在通过推动相关领域的创新研究——小到分子层面，大到城市层面——打造“可持续流动性”交通的未来。TUM Asia的硕士毕业生可以申请在TUM Create读博，尤其是那些对科研和电动汽车感兴趣的同学。

### 国际一流水准

在TUM Asia，你可以享受来自慕尼黑工大和南洋理工大学具有国际一流水准的教授以及相关行业专家的指导和点拨。学生们不仅可以在积极从事研究工作的教授那里受益，也可以通过参加当地学术界和工业行业的代表举办的讲座而积累全面的学习经验。由慕尼黑工大负责授课的科目，会有慕尼黑工大的教授从德国飞到新加坡专门为TUM Asia的学生授课，确保学生能够完全受到关注。

“我们的学生将会在高度创新的“绿色微纳电子”专业进行多学科研究。绿色微纳电子硕士课程的学习会使你成为一个出色的工程师，应对我们在未来将要面临的如可持续增长、清洁技术、和环境安全等方面的巨大挑战。我们教你如何掌控未来！”

### Paolo Lugli教授

来自慕尼黑工业大学纳米电子学教席

# DID YOU KNOW THAT A PART OF YOUR GADGET - COMPUTER, MOBILE PHONE, TABLET OR VIDEO CONSOLE - WAS DESIGNED OR MANUFACTURED IN SINGAPORE?

## 洁净技术：新加坡的环保承诺

新加坡是亚洲领先的清洁能源中心和主要洁净能源技术公司的首要基地。新加坡在电子、精密工程和化工、于区域市场的连接性、高技能国际人才的提供和广泛的供应商基础等制造业方面的优势，能为洁净能源产业的公司提供有利的条件。由于不断上升的能源需求、对气候变化的关注和快速进步的技术，新加坡致力于进一步发展其洁净能源技术产业，特别以太阳能作为重点。其他重要的增长领域还包括智能电网、绿色建筑和能源效率。

## 新加坡的半导体/光电产业

在新加坡，电子业占国内生产总值（GDP）的5.2%。随着经济中心逐渐向亚洲转移，新加坡的地理位置、开放文化以及电子业稳定的基础，使其成为了首选之地。新加坡的半导体行业有着非常高的增长潜力，是目前增长最快的行业。新加坡光电产业希望能够通过太阳能技术来发展改善的清洁电力能力，提供一个全面的可再生能源和环保技术。

## 就业前景



绿色微纳电子的毕业生可以在世界各地的研究机构，或绿色微纳电子相关的公司就职，或者选择继续深造



毕业生可以在半导体行业就其专业做出贡献，如过程开发、工艺整合、特征以及设备建模等



绿色微纳电子的毕业生不仅在电子制造业中获得更多的发展机会，同时在光电、低功耗显示、纳米和生物材料、传感器和通信行业领域也有着可持续的职业发展前景。

# 1

清洁技术园是新加坡第一生态商务园。此生态商务园是为了那些具有可持续性环境的前瞻企业所开发的

# 3

全球六大外包半导体组装和测试公司中就有三家在新加坡

# 20

新加坡是大约二十家半导体组装和测试作业处的基地

# 24

2014年，十四家硅集成电路晶圆工厂、四家化合物半导体晶圆工厂、三家微电子机械系统（MEMS）晶圆工厂以及世界上排名前三的硬盘媒体供应商均坐落于新加坡

# 25

电子行业是新加坡经济增长的主要支柱，为制造业的增值贡献达25%

# 30

比起2010年仅超过10%的全球太阳能市场份额，亚洲预计在2015年将占有全球太阳能市场的30%

# 50

新加坡处于阳光地带，与目前主要的太阳能技术中心日本和德国相比，新加坡的阳光照射量要高出50%左右



绿色微纳电子硕士课程为学生提供了特别的机会，使学生能够学习更高级的电子技术，以及研究电子与环境的相互作用。这些能力的独特结合将使学生在各类电子设备可持续性的发展中做出重要贡献。

Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Alexander W. Koch  
测量系统与传感器技术主席，MST  
慕尼黑工业大学，德国

## Technical University of Munich Asia (TUM Asia)

510 Dover Road, #05-01

SIT@SP Building

Singapore 139660

Tel: +65 6777 7407

Fax: +65 6777 7236

Email: [admission@tum-asia.edu.sg](mailto:admission@tum-asia.edu.sg)

[www.tum-asia.edu.sg](http://www.tum-asia.edu.sg)



German Institute of Science & Technology - TUM Asia

CPE Registration No.: 200105229R

CPE Registered Period: 13/06/2017 to 12/06/2023

All information is accurate at the time of printing and is subject to change without prior notice.

Published in August 2017.

<sup>+</sup> As rated by Academic Ranking of World Universities (Shanghai Ranking) 2011-2013, 2016 and 2015 QS World University Ranking

<sup>++</sup> As rated by Academic Ranking of World Universities (Shanghai Ranking) 2016

<sup>\*</sup> As rated by the Times Higher Education University Ranking 2013/2014

<sup>^</sup> As ranked in the 2016 Global Employability Survey by The New York Times

<sup>#</sup> As ranked by Academic Ranking of World Universities (Shanghai Ranking) 2013 and 2013/2014 QS World University Ranking