

Багатозонність електронних станів: фізика та застосування

*проект НФДУ за програмою «Підтримка досліджень провідних
та молодих учених» 2020.02/0408 (2020-2022)*

Олександр Кордюк

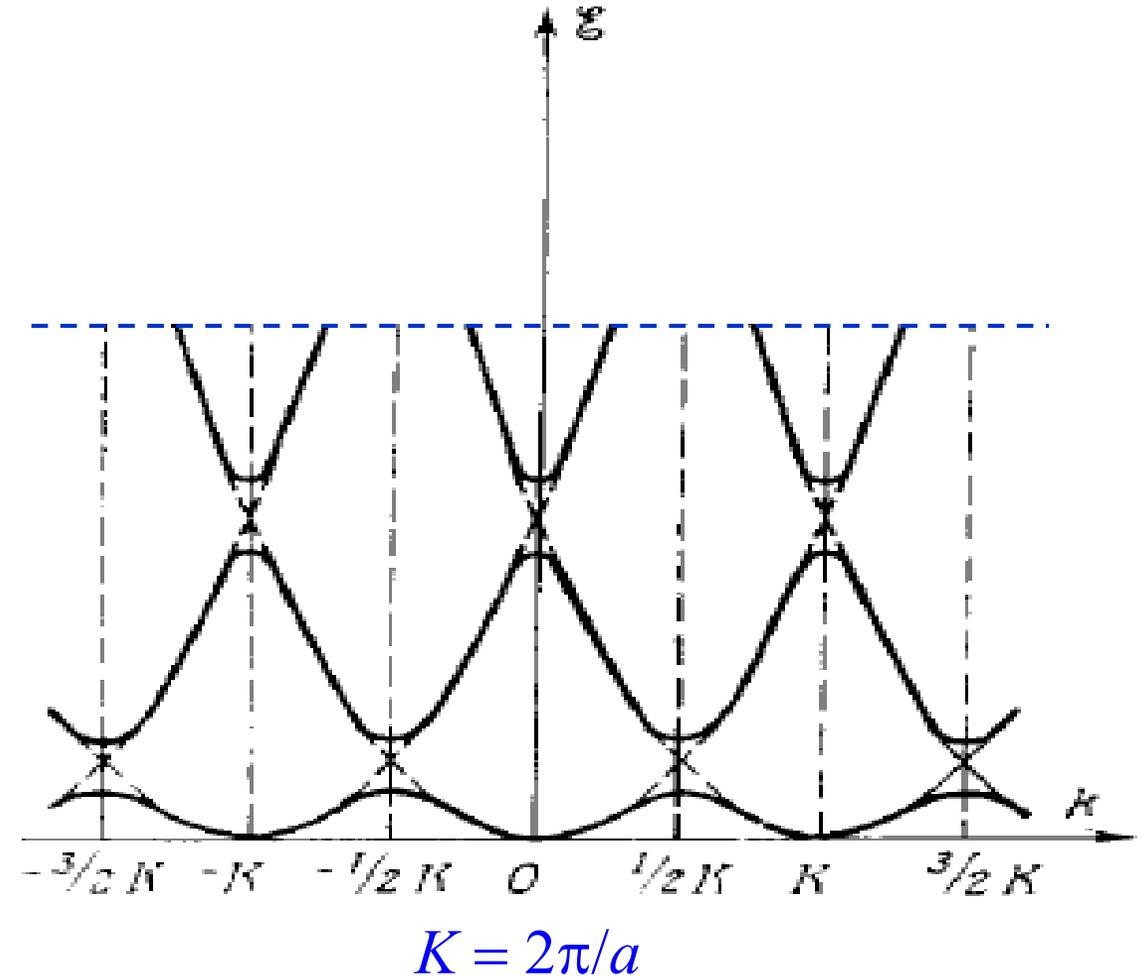
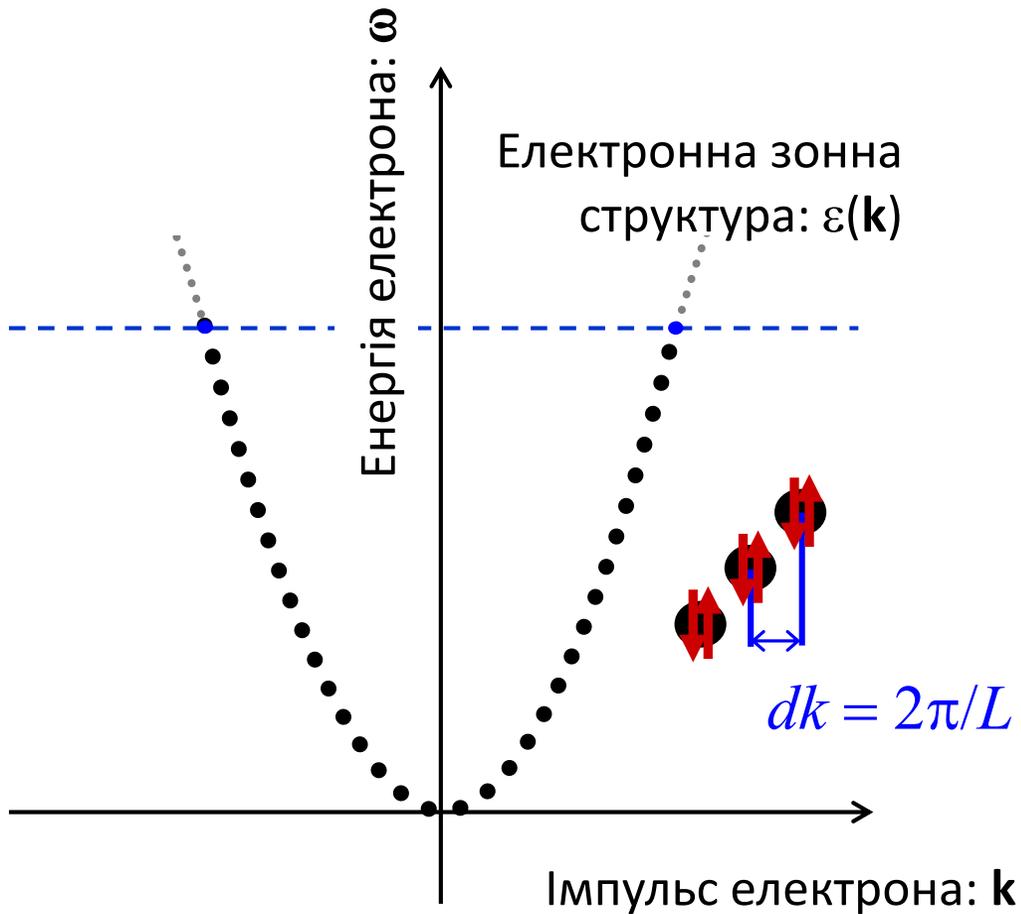
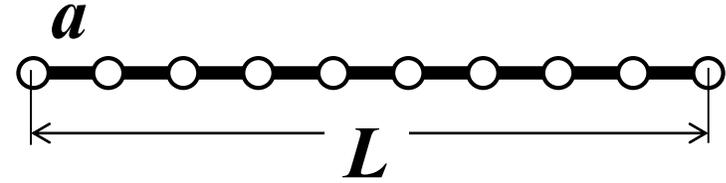
*Київський академічний університет
Інститут металофізики НАН України*



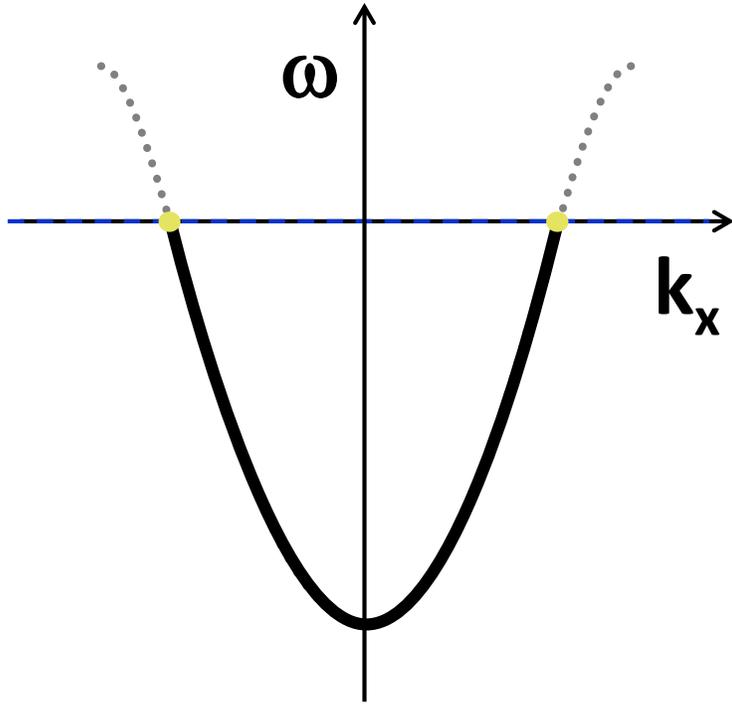
План

- Що таке **«багатозонність»** та її прояви у надпровідниках
- **Композитні вихори**
- Багатозонність надпровідників як **ключ до пошуку нових матеріалів**
- Застосування багатозонних надпровідників для **квантових технологій**

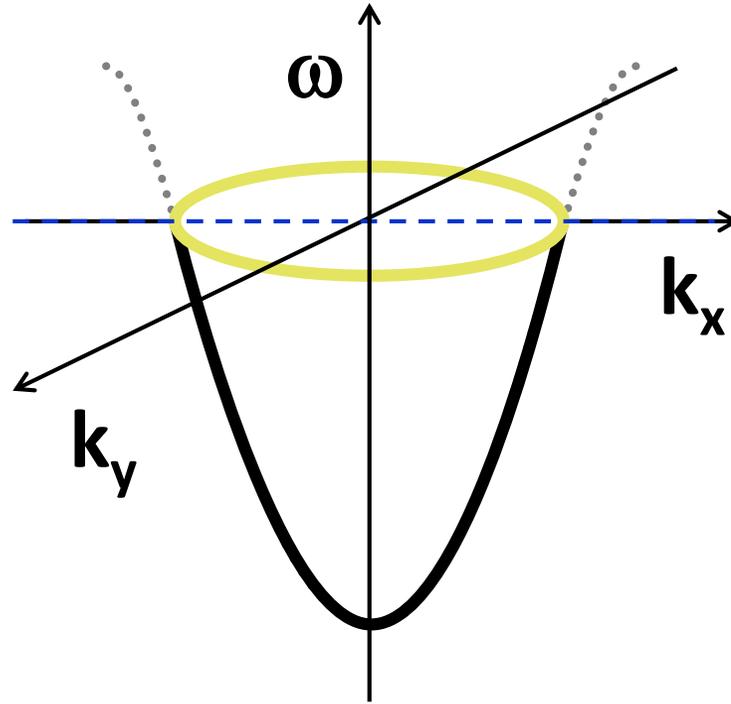
Електронна дисперсія, електронна зонна структура



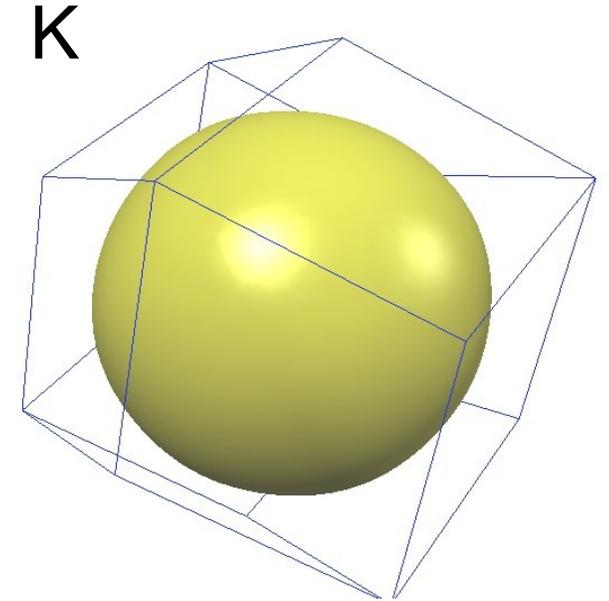
... поверхня Фермі



1D

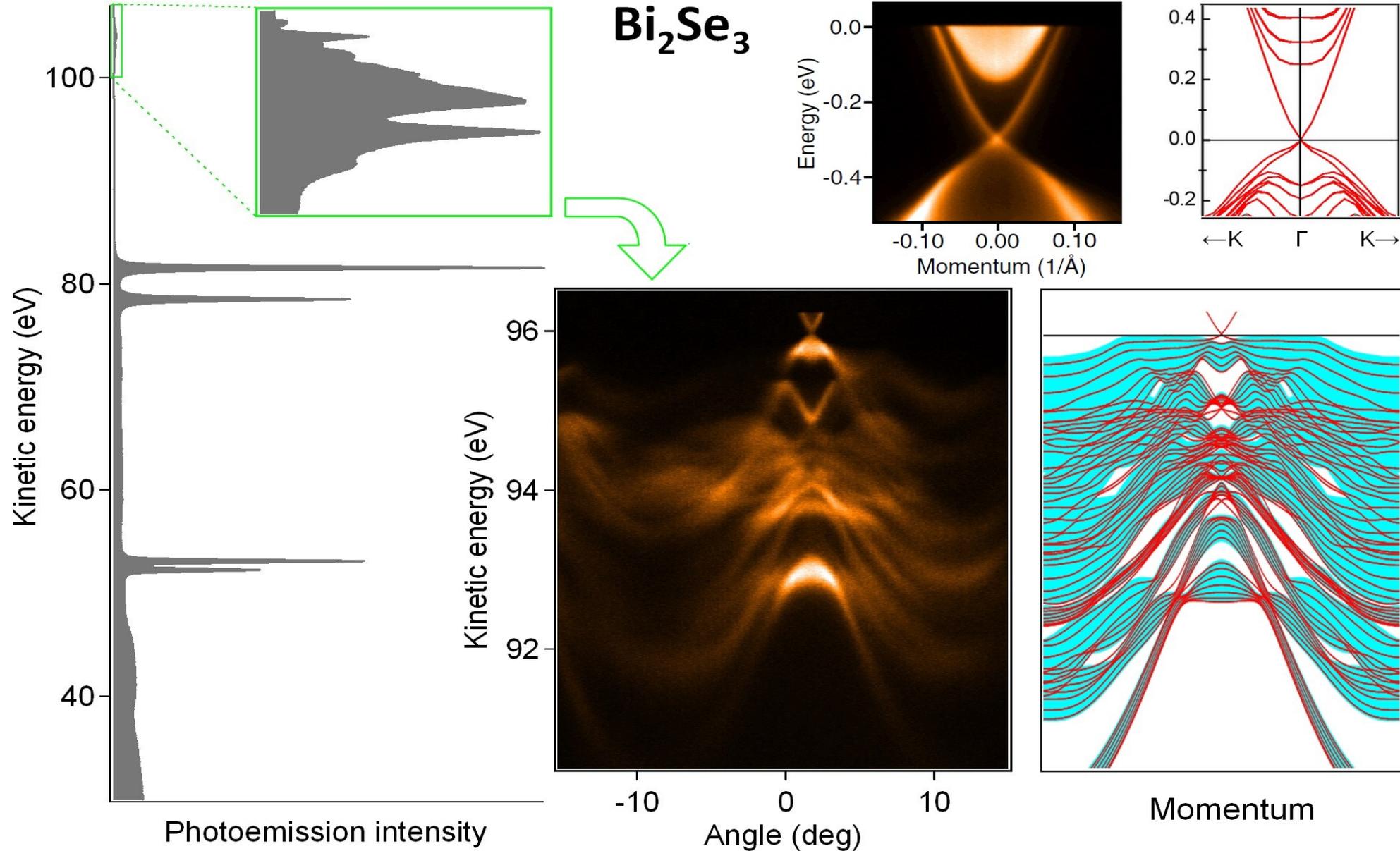


2D



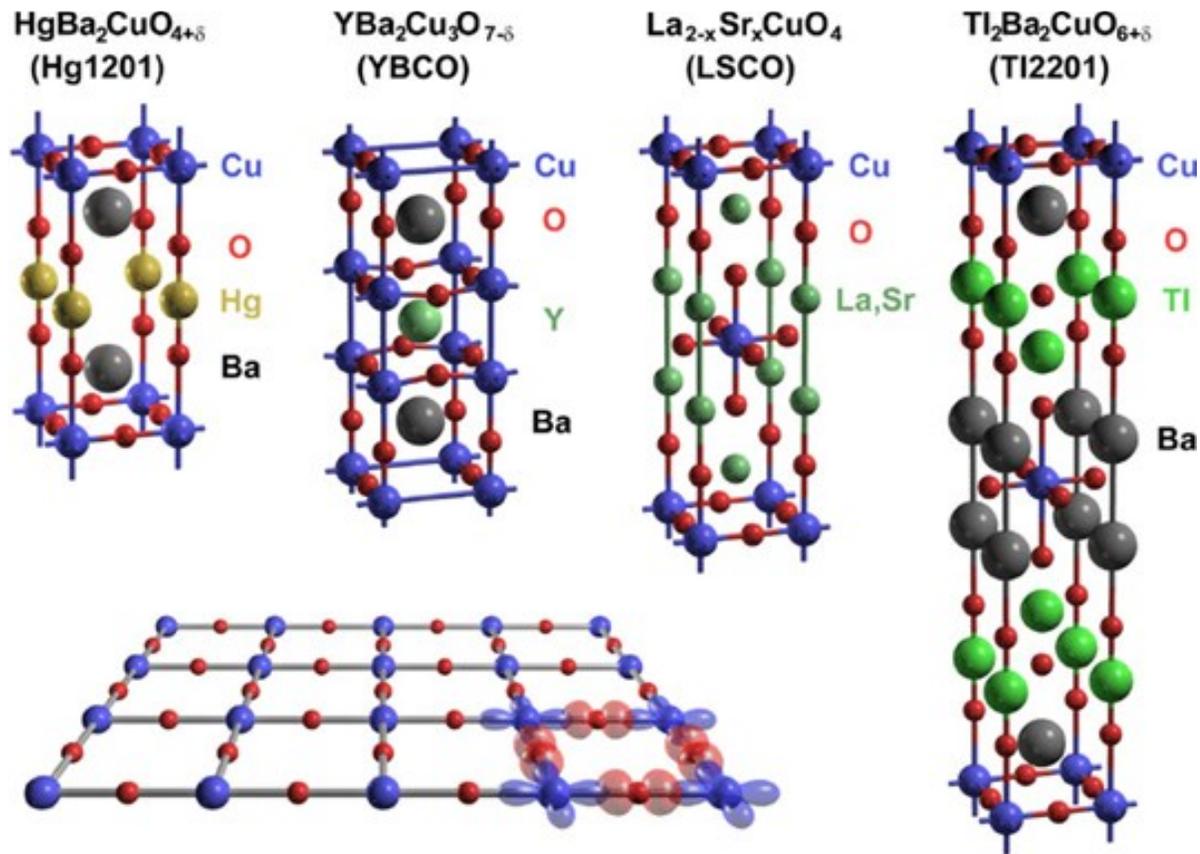
3D

ARPES: Фотоемісійна спектроскопія з кутовим розділенням



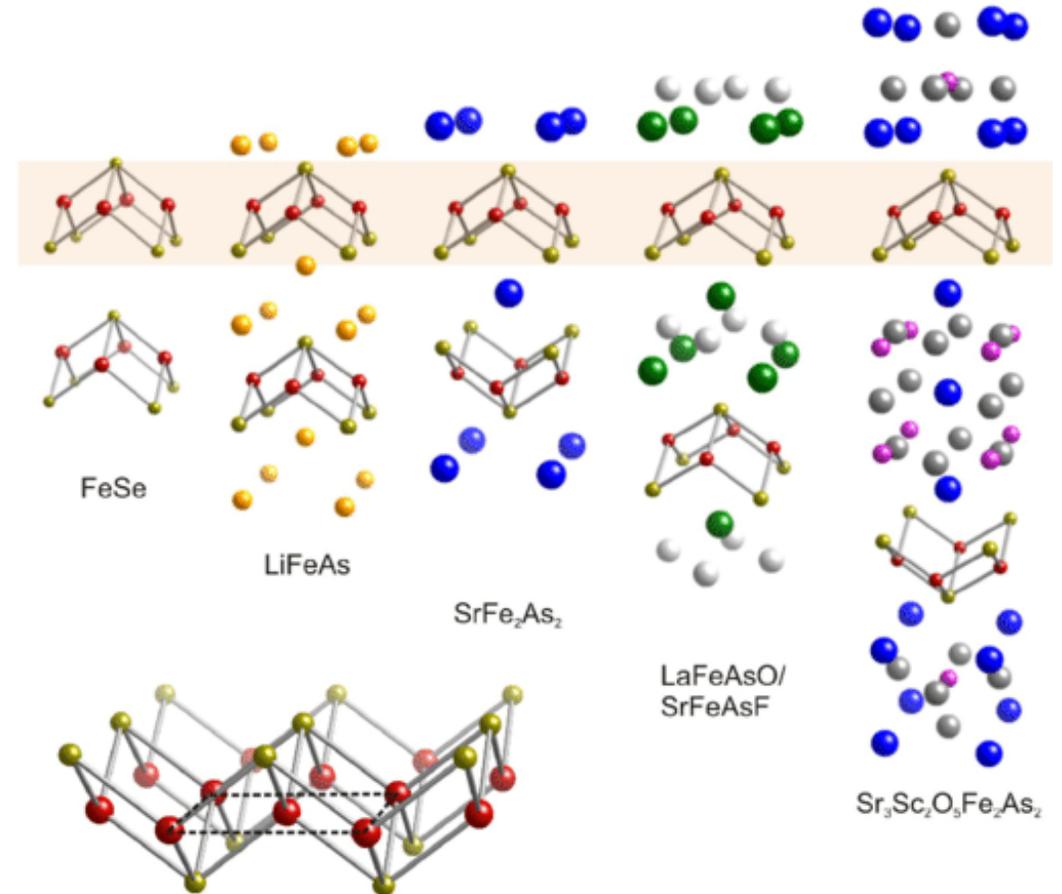
Багатозонні високотемпературні надпровідники

High-Tc cuprates (Cu-SC)



PNAS **110**, 12235 (2013)

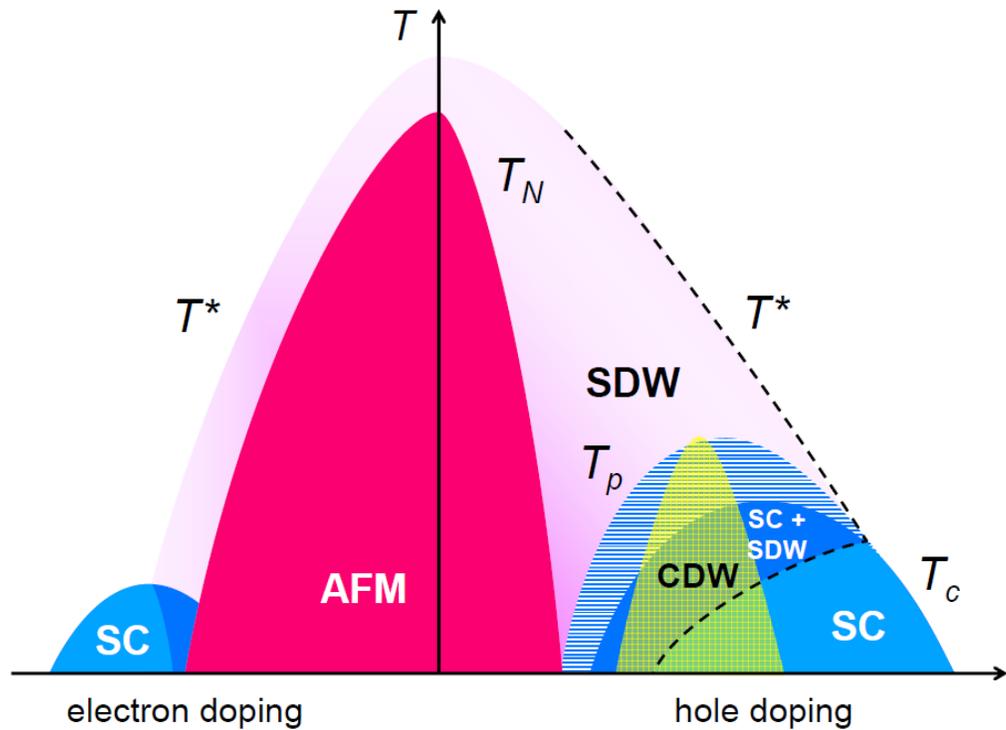
Iron based SC (Fe-SC)



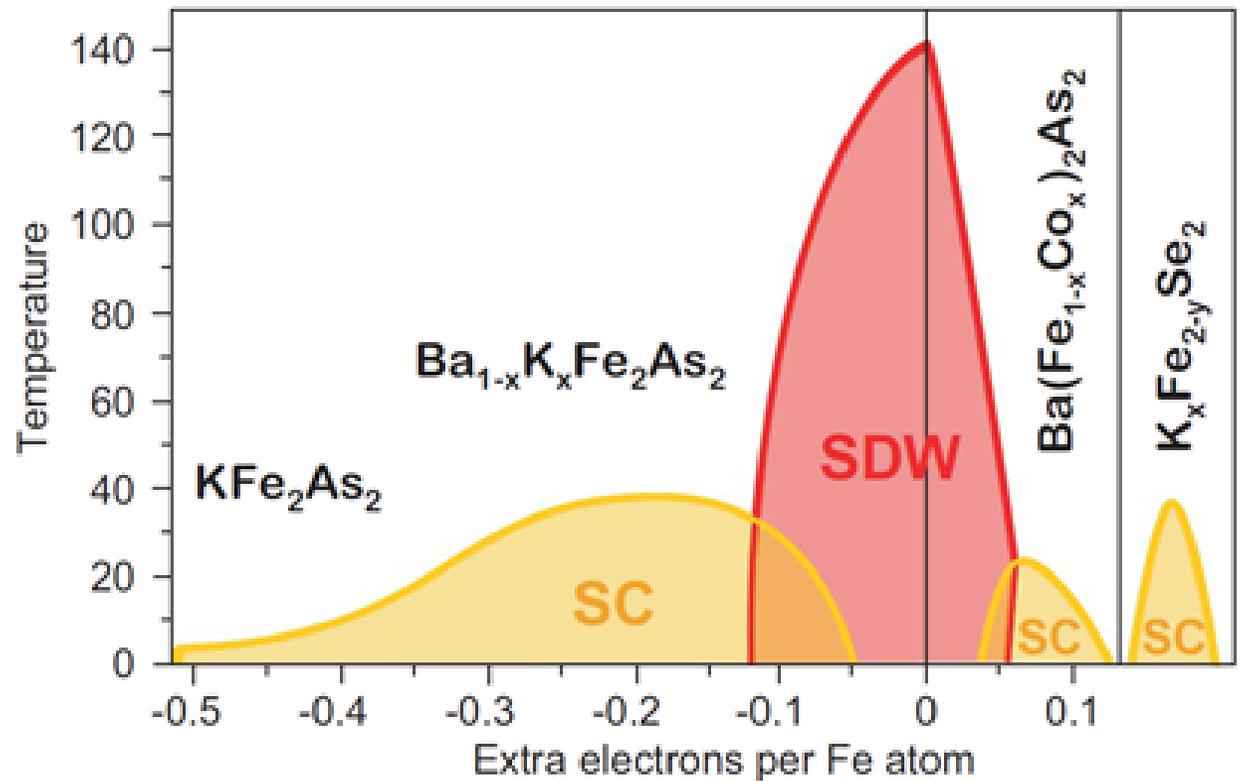
Nature Physics **6**, 645 (2010)

Багатозонні високотемпературні надпровідники

High-Tc cuprates (Cu-SC)



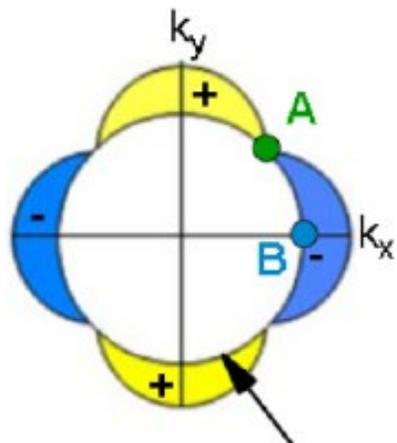
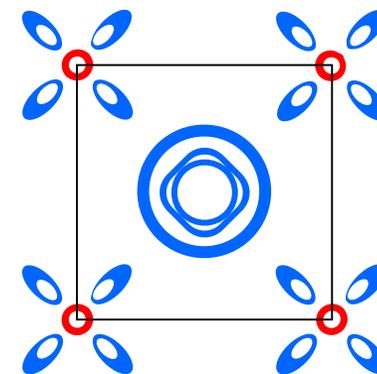
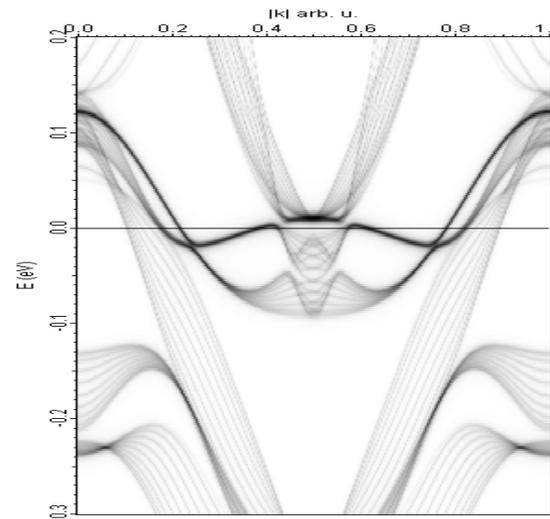
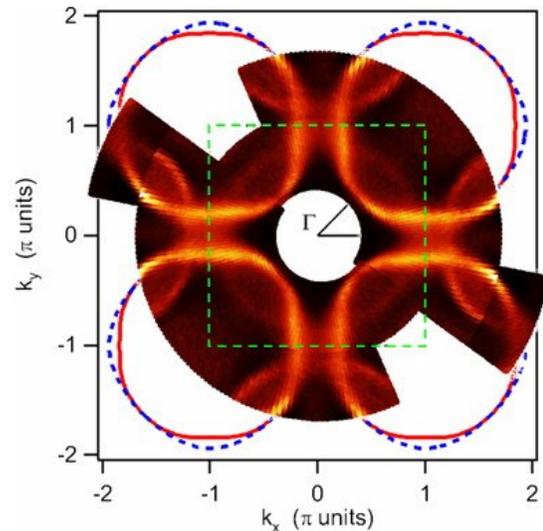
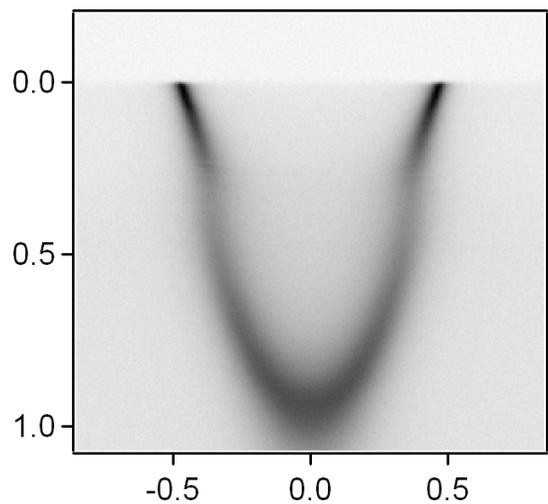
Iron based SC (Fe-SC)



Багатозонні високотемпературні надпровідники

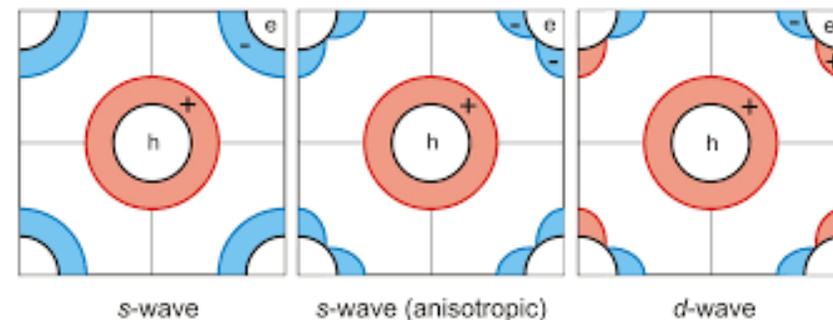
High-Tc cuprates (Cu-SC)

Iron based SC (Fe-SC)

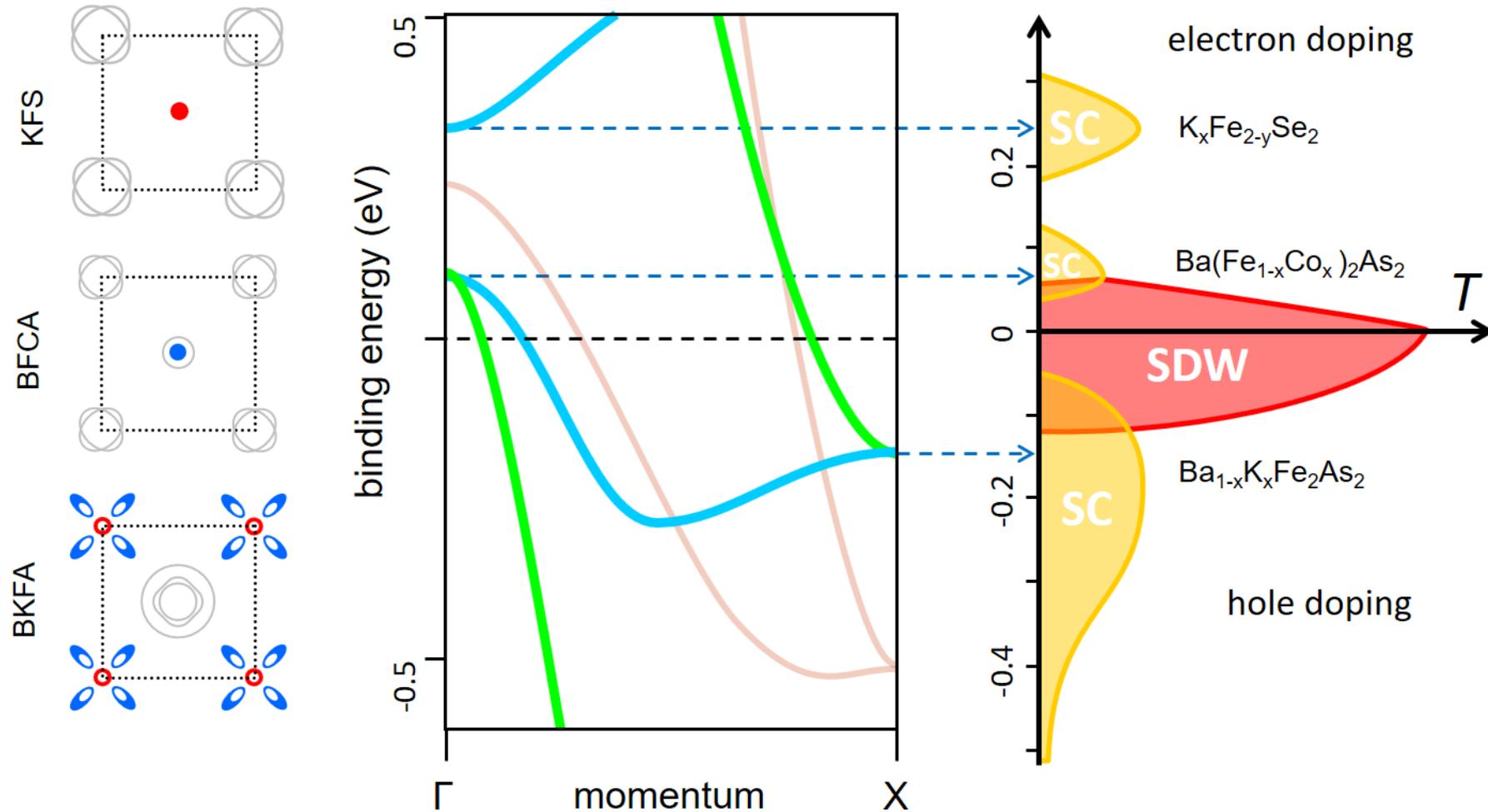


d-wave

s^\pm ?

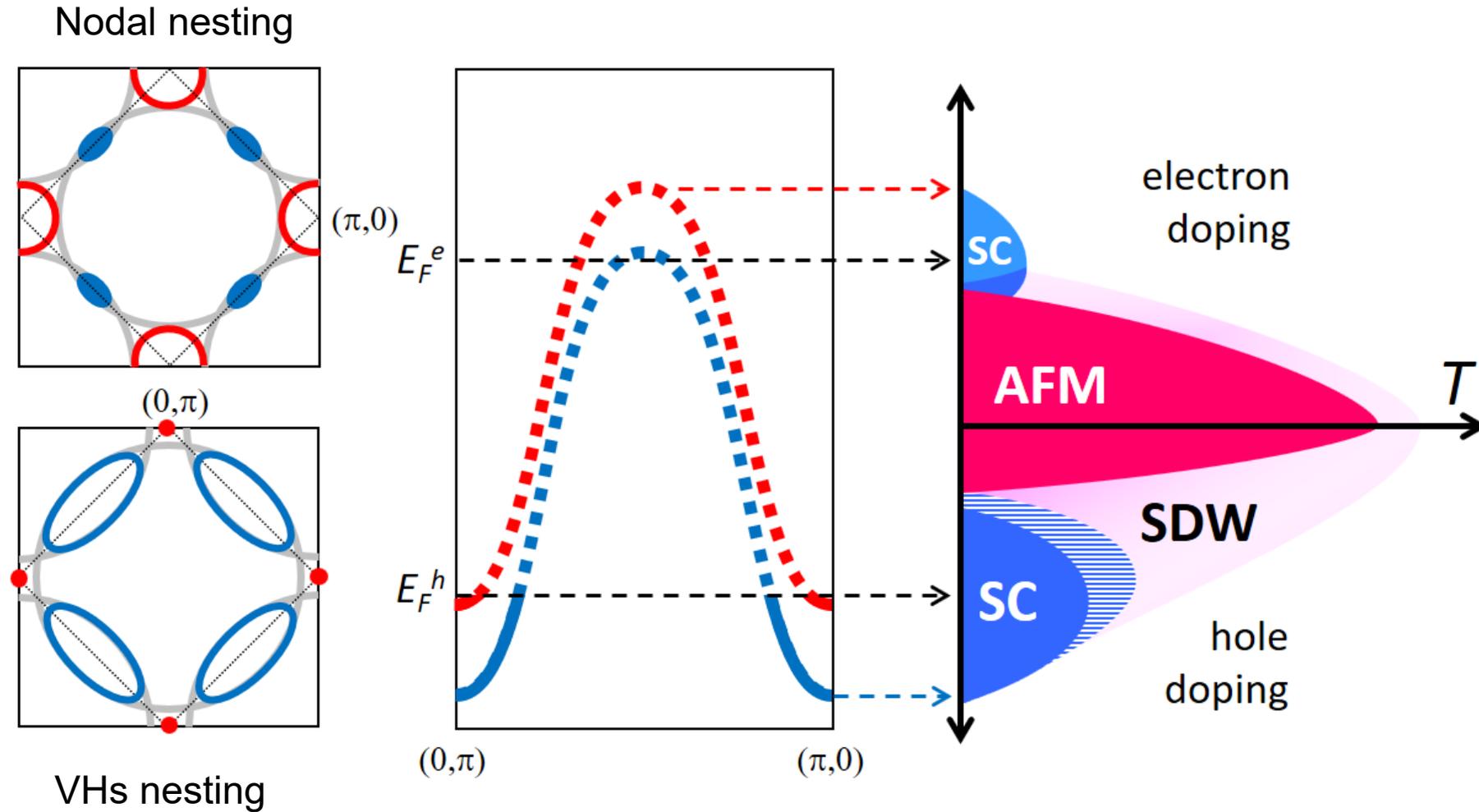


"Topological" superconductivity in Fe-SC

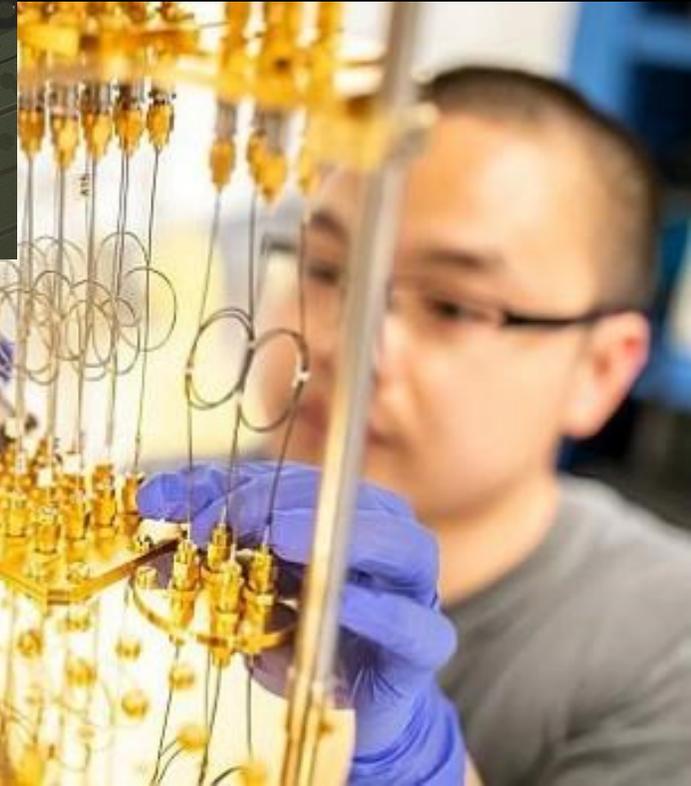
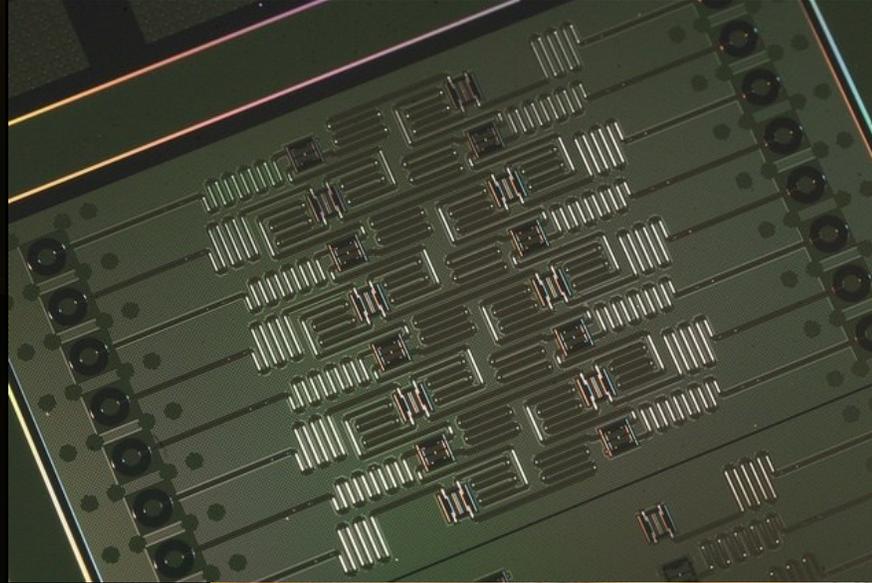
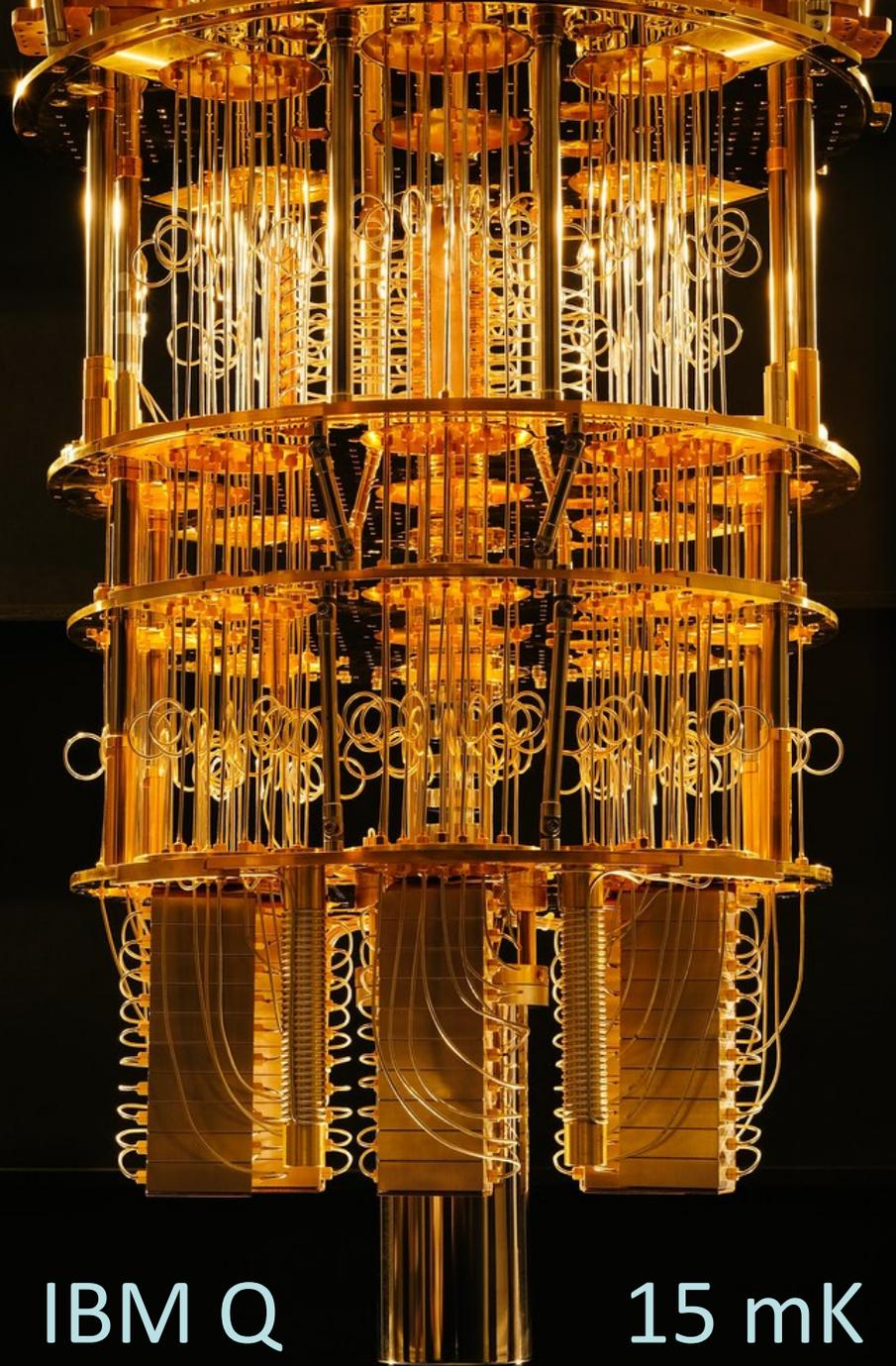


LTP 38, 888 (2012); JSNM 26, 2837-2841 (2013); PRB 88, 134501 (2013);
PRB 89, 064514 (2014), **LTP (2018)**...

SDW and superconductivity



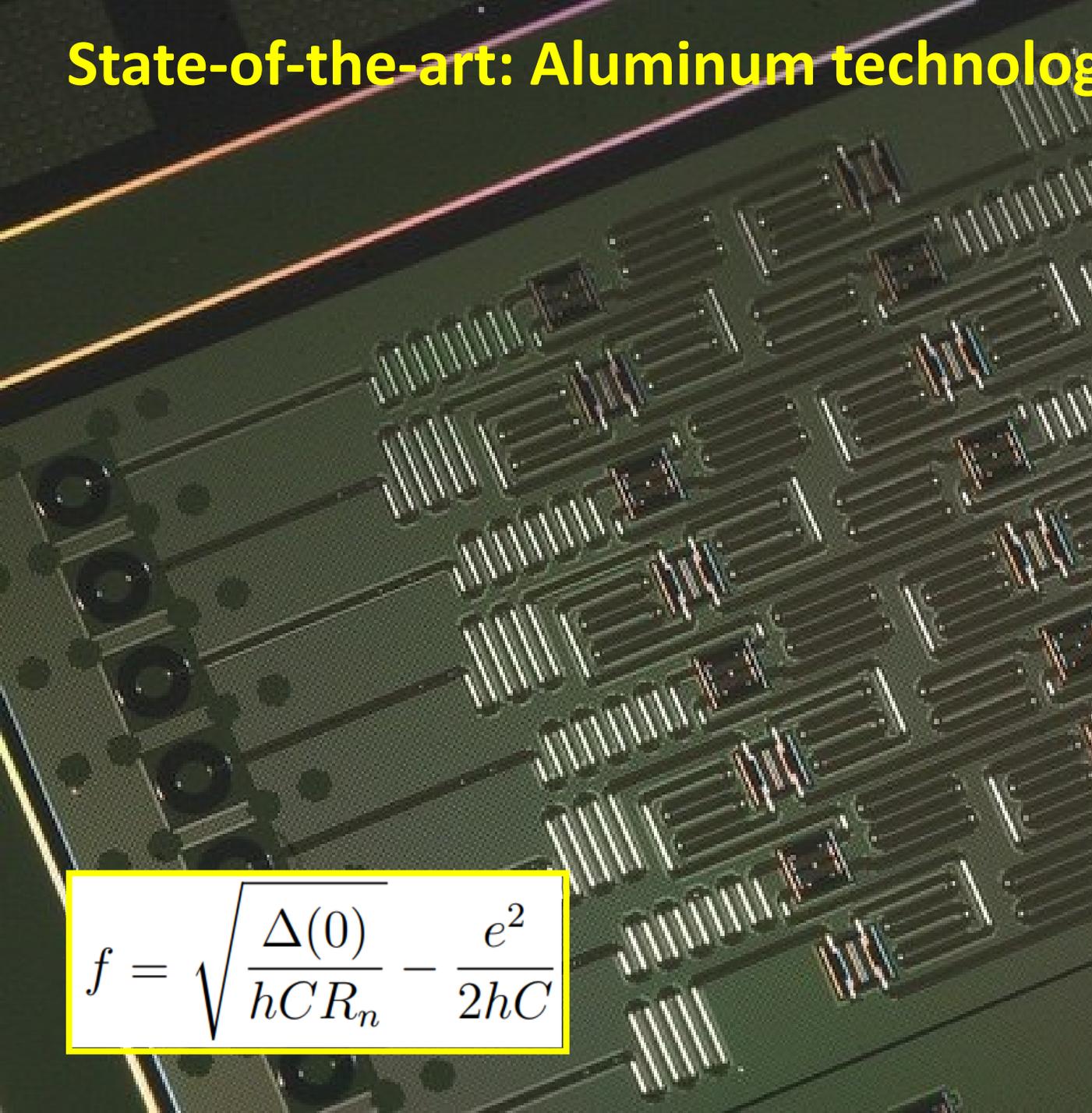
Надпровідні кубіти



IBM Q

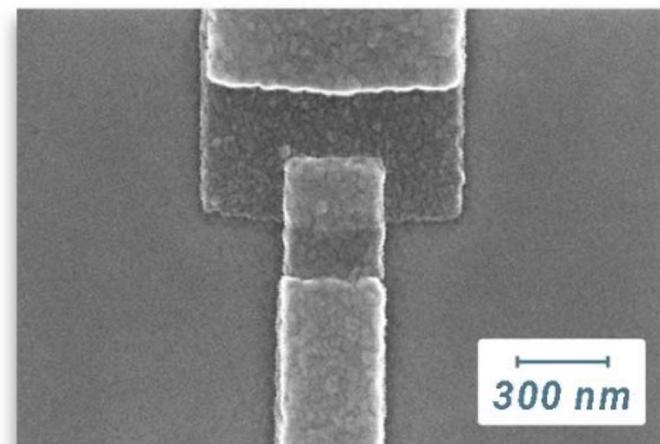
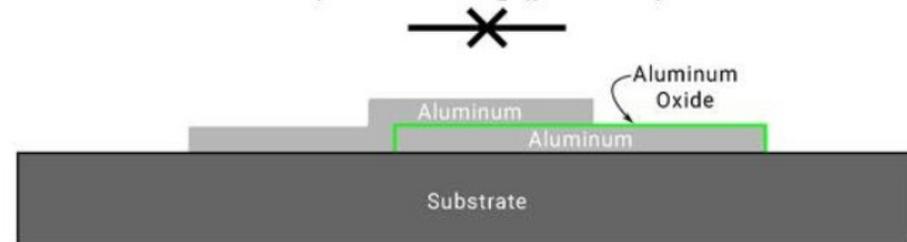
15 mK

State-of-the-art: Aluminum technology!



$$f = \sqrt{\frac{\Delta(0)}{hCR_n}} - \frac{e^2}{2hC}$$

Thin Film Deposited Al/Al₂O_x/Al Josephson Junction



SEM image courtesy of the Institute for Quantum Computing (IQC) at the University of Waterloo

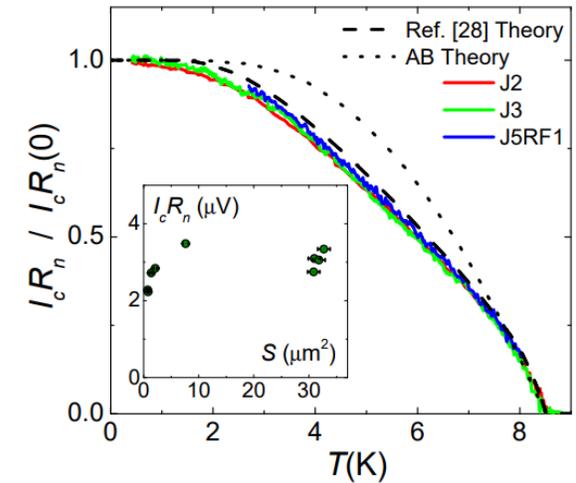
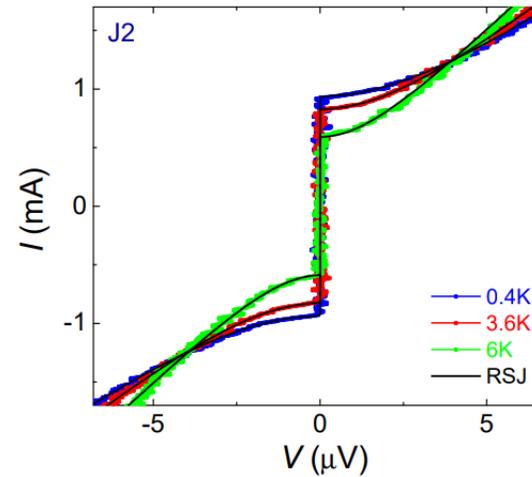
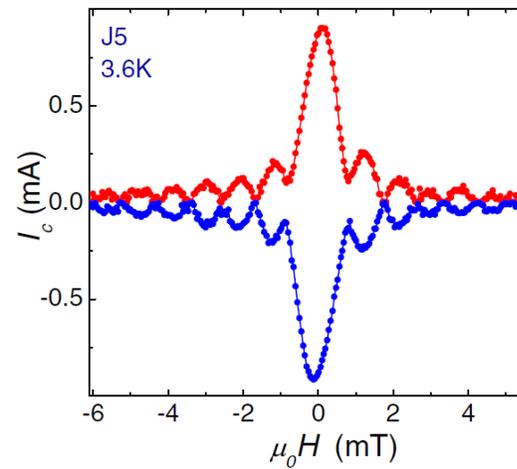
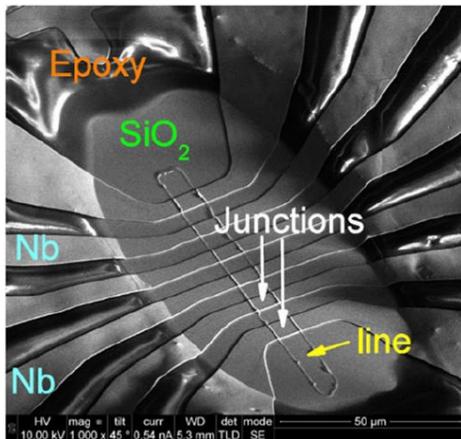
Phase-Sensitive Evidence for the Sign-Reversal s_{\pm} Symmetry of the Order Parameter in an Iron-Pnictide Superconductor Using Nb/Ba_{1-x}Na_xFe₂As₂ Josephson Junctions

A. A. Kalenyuk,^{1,2} A. Pagliero,¹ E. A. Borodianskyi,¹ A. A. Kordyuk,^{2,3} and V. M. Krasnov^{1,*}

¹Department of Physics, Stockholm University, AlbaNova University Center, SE-10691 Stockholm, Sweden

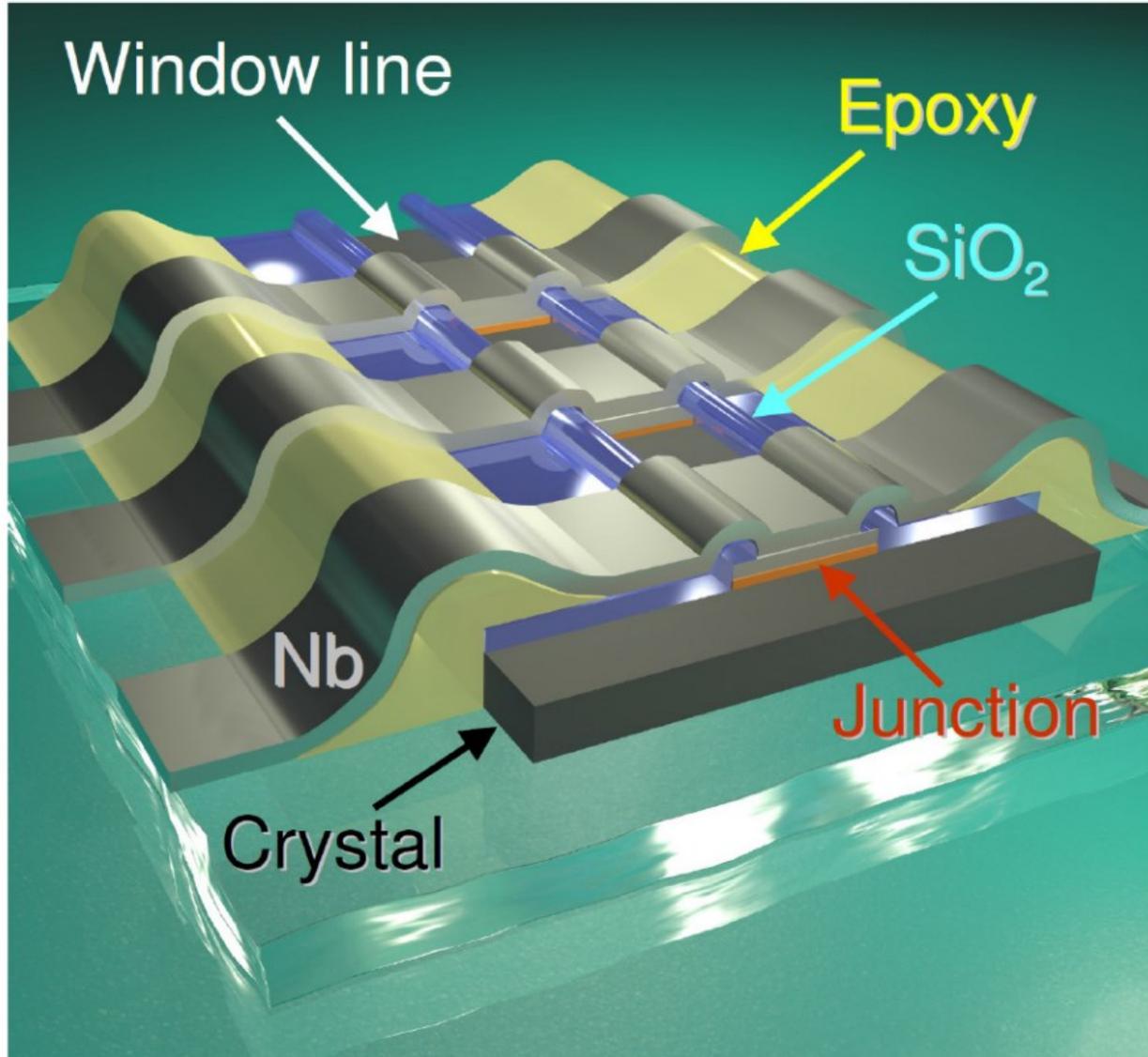
²Institute of Metal Physics of National Academy of Sciences of Ukraine, 03142 Kyiv, Ukraine

³Kyiv Academic University, 03142 Kyiv, Ukraine



- JJs exhibit a large enough critical current density to preclude the d-wave symmetry of the order parameter in the pnictide.
- $I_c R_n$ product is very small $\approx 3 \mu\text{V}$, which is **not consistent with the sign-preserving s_{++} symmetry** either, but, along with its unusual temperature dependence, provides **evidence for the sign-reversal s_{\pm} symmetry** of the order parameter in Ba_{1-x}Na_xFe₂As₂.

Influence of the Fermi surface geometry on a Josephson effect between an iron-pnictide and conventional superconductors

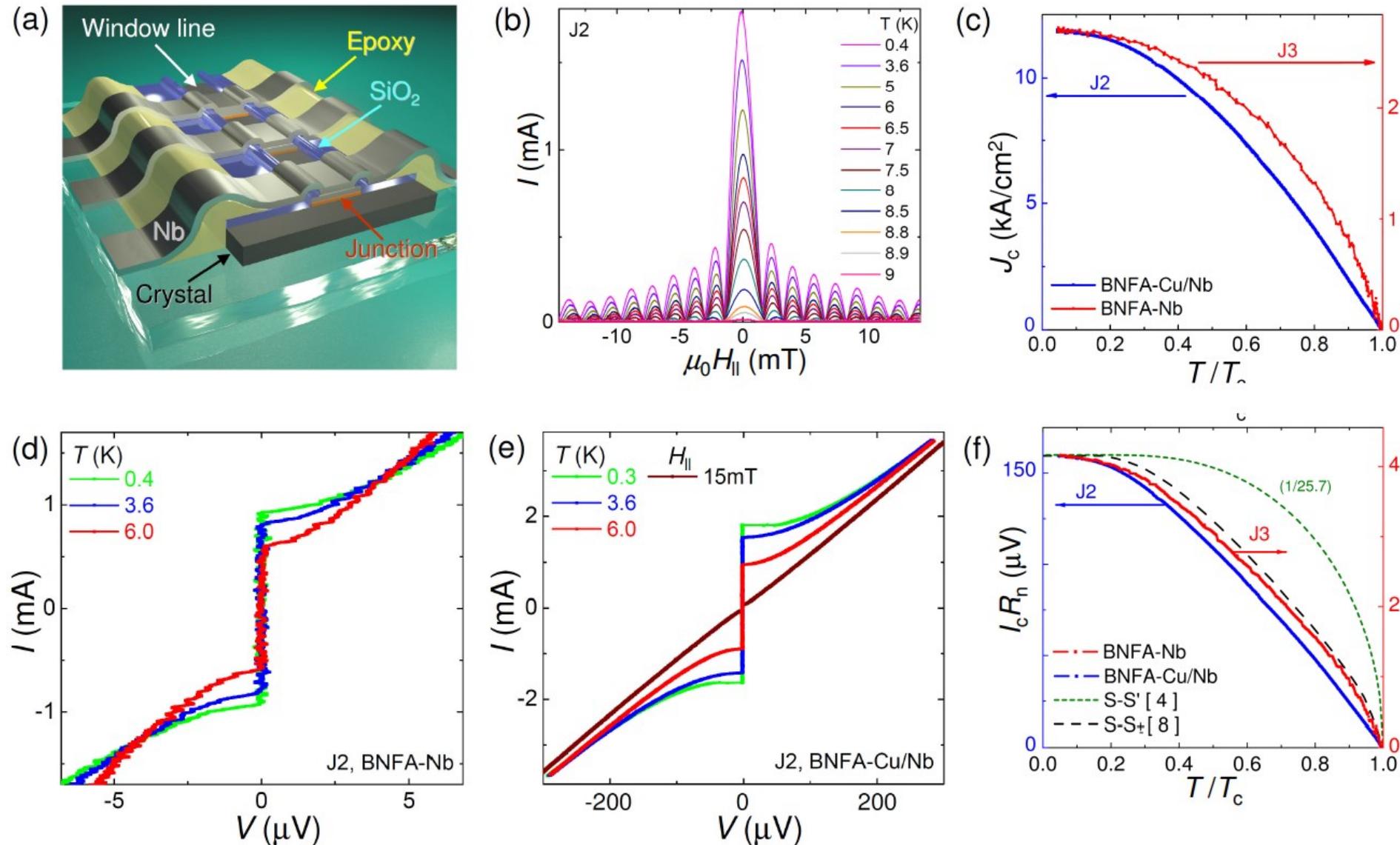


We observe that insertion of a Cu interlayer in such junctions leads to a dramatic enhancement of the $I_c R_n$ product, despite a weaker proximity-induced superconductivity in Cu.

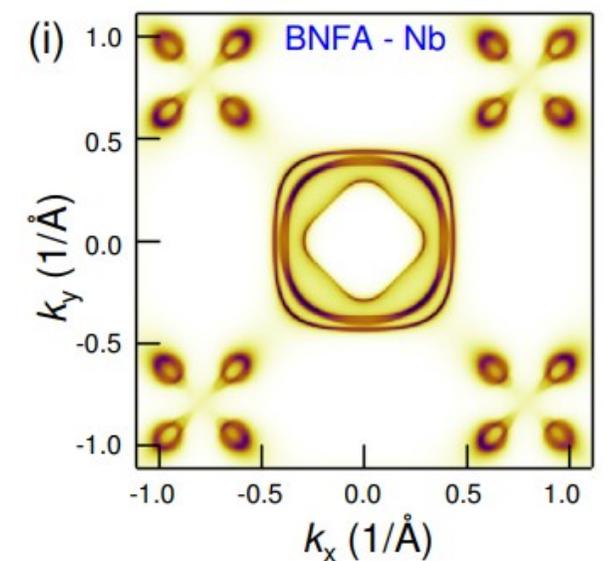
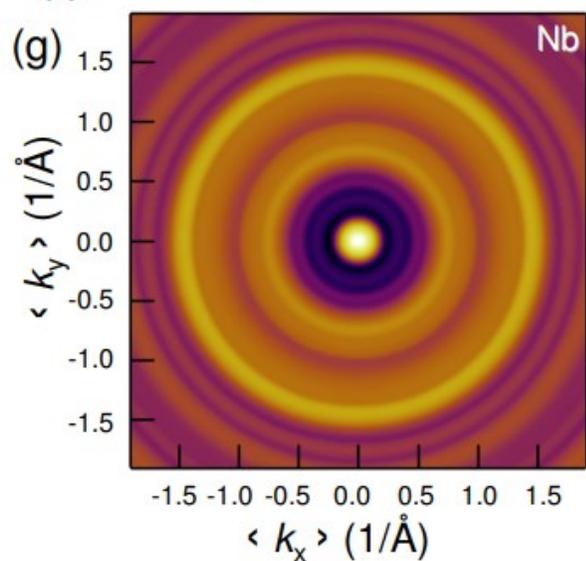
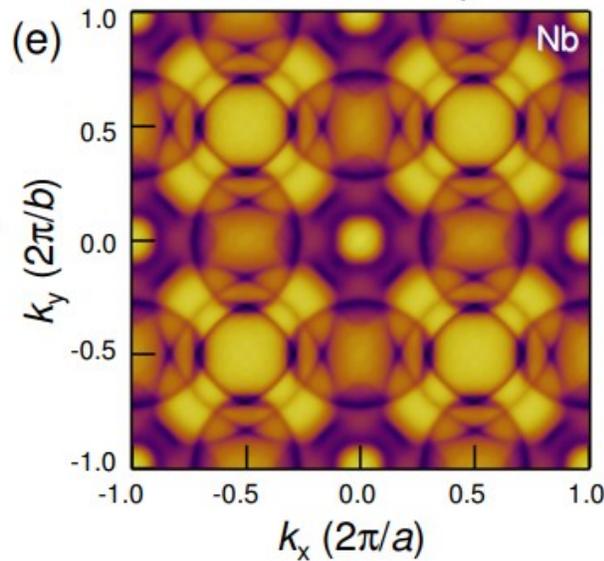
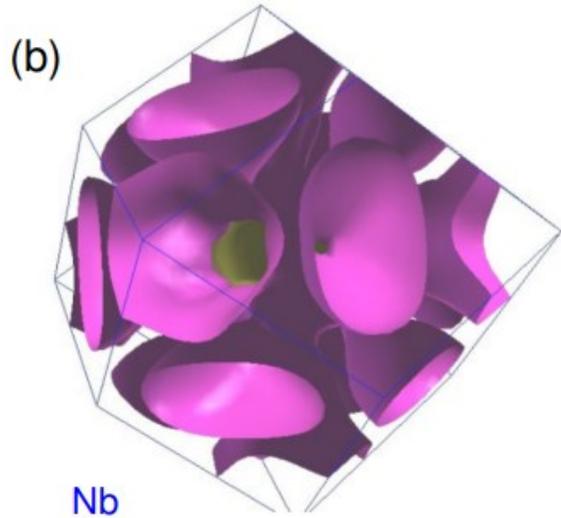
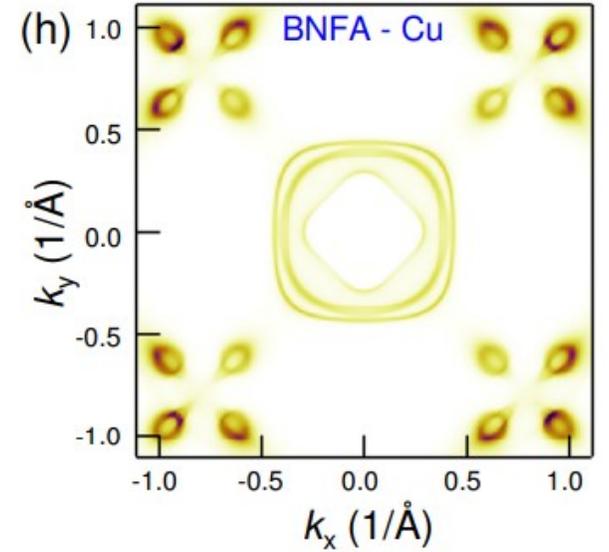
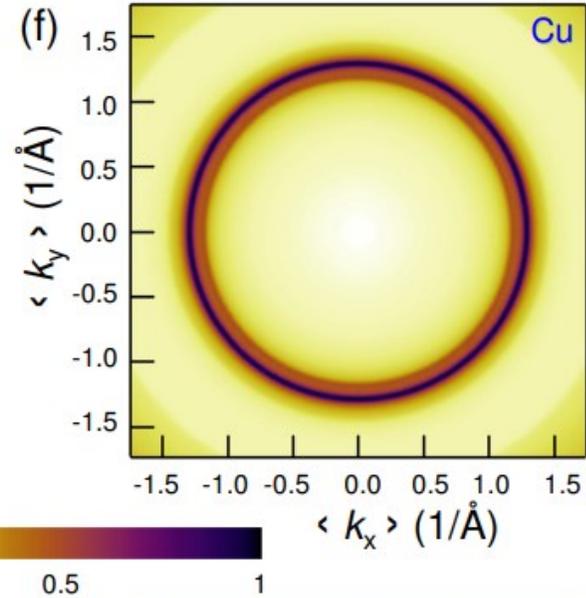
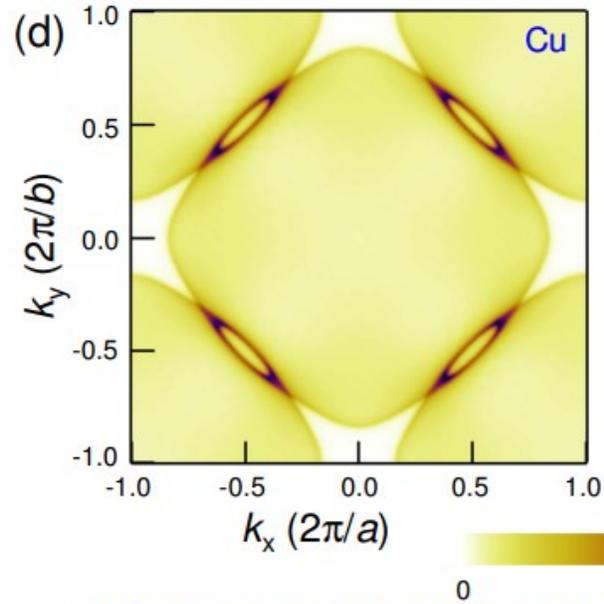
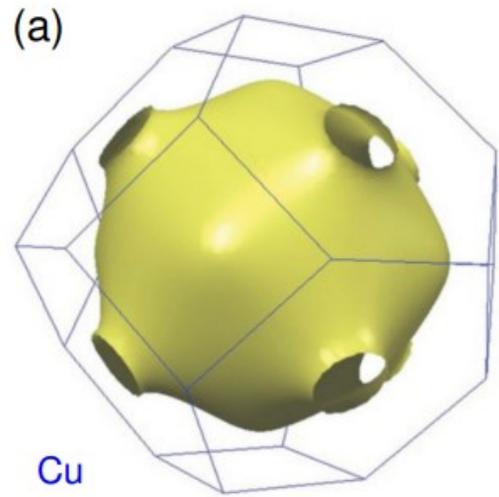
This counterintuitive phenomenon is attributed to the differences in Fermi surface geometries of Nb and Cu, which affects selectivity of tunneling in sign-reversal \pm bands of the pnictide.

Our results indicate that the sensitivity to Fermi surface geometries provides a new tool for phase sensitive studies and paves a way to a conscious Fermi-surface engineering of pnictide junctions.

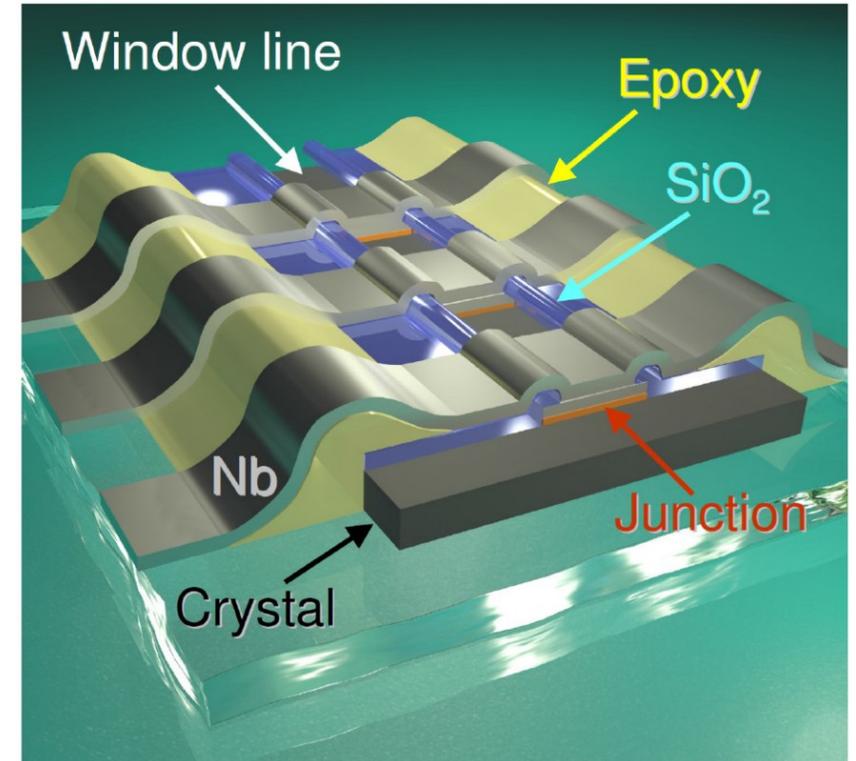
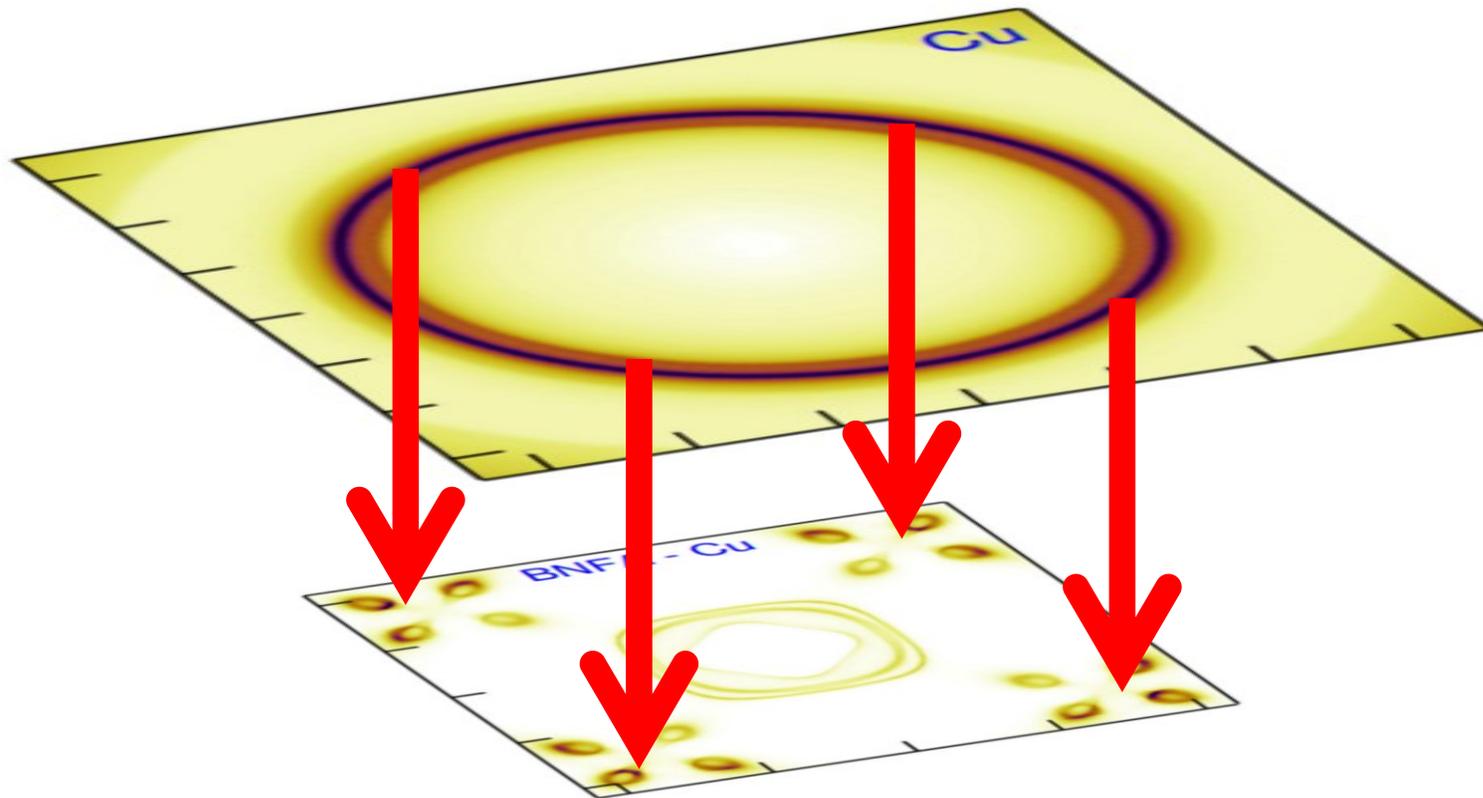
Influence of the Fermi surface geometry on a Josephson effect between an iron-pnictide and conventional superconductors



Influence of the Fermi surface geometry on a Josephson effect

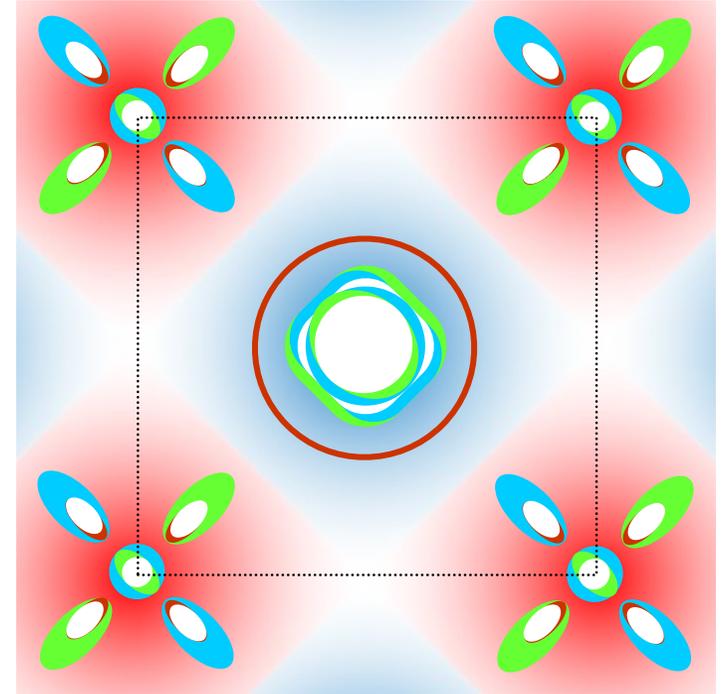
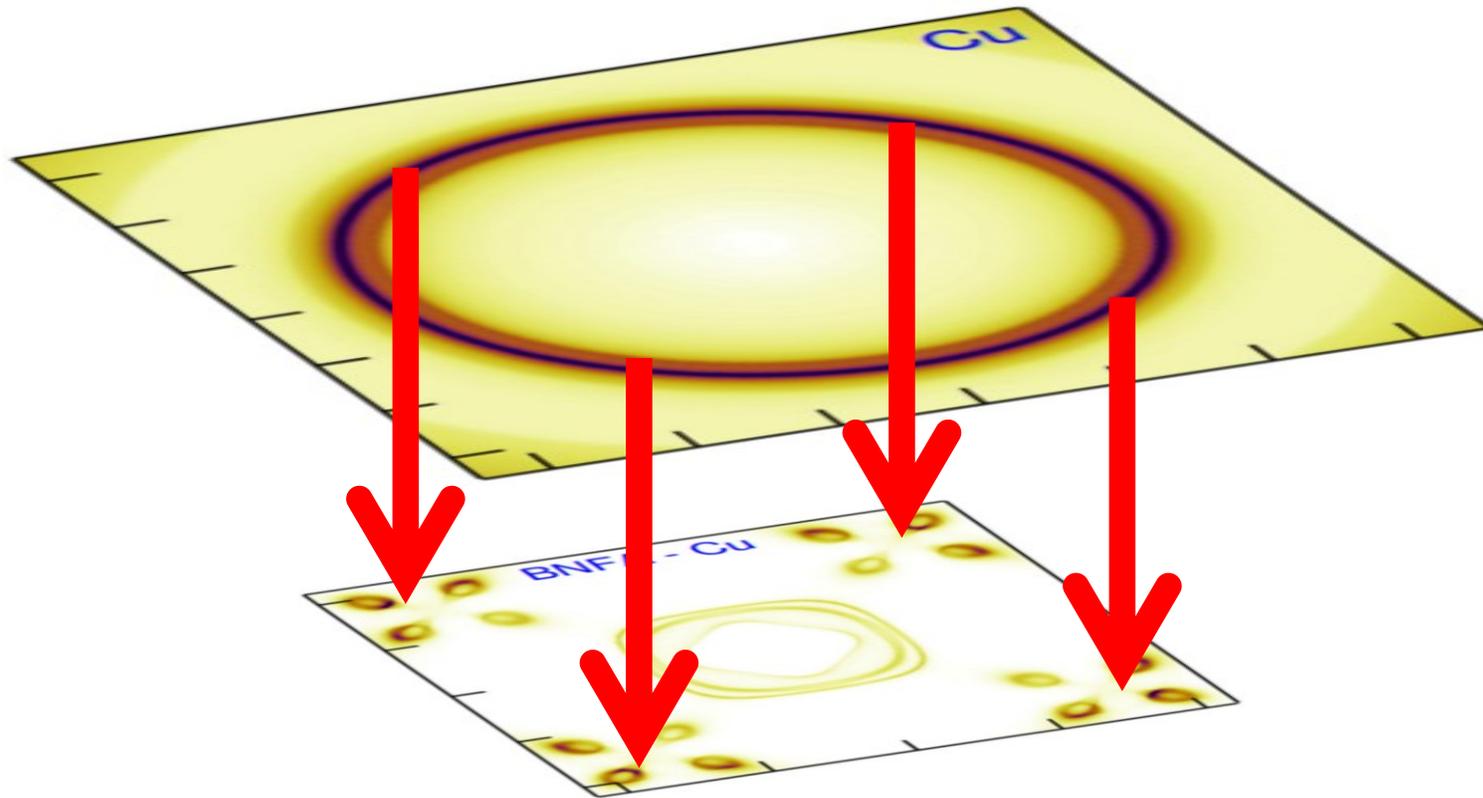


Influence of the Fermi surface geometry on a Josephson effect



The sensitivity to Fermi surface geometries provides a new tool for phase sensitive studies and paves a way to a conscious Fermi-surface engineering of pnictide junctions.

Influence of the Fermi surface geometry on a Josephson effect



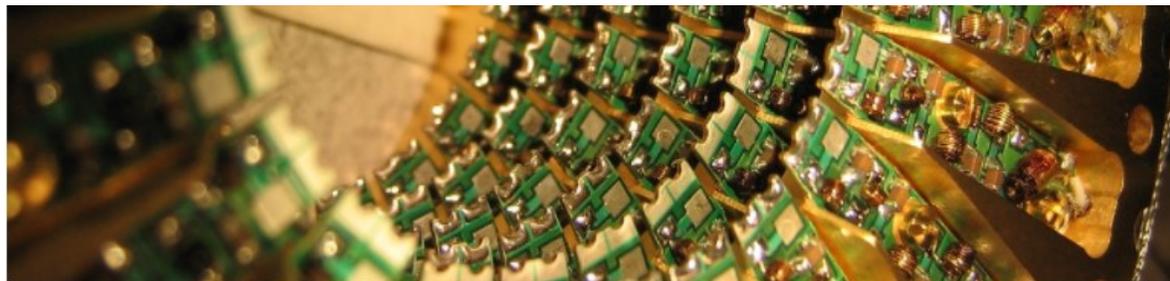
The sensitivity to Fermi surface geometries provides a [new tool for phase sensitive studies](#) and paves a way to a conscious Fermi-surface engineering of pnictide junctions.



KYIV ACADEMIC UNIVERSITY
learning by doing research internationally



Головна ▾ Новини ▾ Освіта ▾ Кафедри ▾ Наука ▾ Випускники ▾ Контакти ▾



KAU Research Center for Quantum Materials and Quantum Technologies (Q²RC)

The Center is focused on synergy of deep understanding of quantum materials and quantum devices design for emerging quantum technologies

Quantum Materials Group

Design of smart quantum materials for quantum technologies: Electronic structure of novel superconductors and its relation with electronic properties. Symmetry of the superconducting order parameters. Search for new superconducting materials. Interface enhanced superconductivity.

Cooperation:

- IFW Dresden, Germany
- HZDR, Germany
- Max Planck Institute for Solid State Research, Germany
- Stockholm University, AlbaNova University Center, Sweden

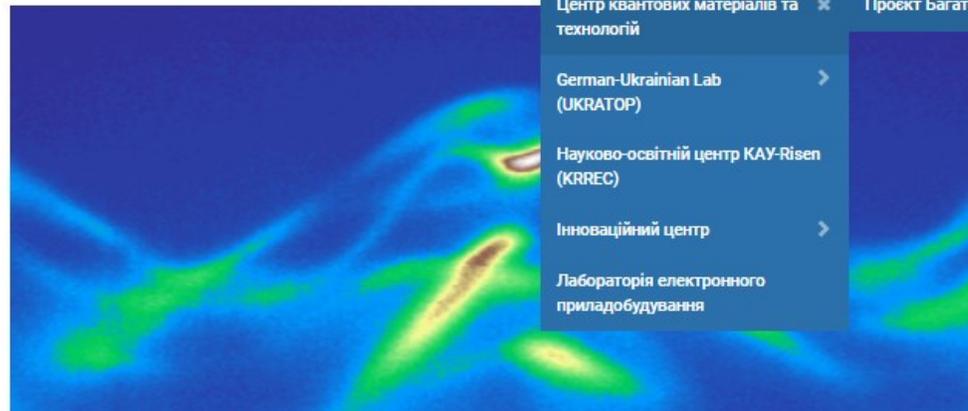
Selected publications:

- [Electronic band structure of optimal superconductors: from cuprates to ferropnictides and back again](#) - A. A. Kordyuk, *Low Temp. Phys.* **44**, 477 (2018).
- [Phase-Sensitive Evidence for the Sign-Reversal s+- Symmetry of the Order Parameter in an Iron-Pnictide Superconductor Using Nb/Ba\(1-x\)NaxFe2As2 Josephson Junctions](#) - A. A. Kalenyuk, A. Pagliero, E. A. Borodianskyi, A. A. Kordyuk, V. M. Krasnov, *Phys. Rev. Lett.* **120**, 067001 (2018).

<http://kau.org.ua/centers/qmtech>

Головна ▾ Новини ▾ Освіта ▾ Кафедри ▾ Наука × Випускники ▾ Контакти ▾

- Центр дослідження даних
- Центр квантових матеріалів та технологій × Проект Багатозонність
- German-Ukrainian Lab (UKRATOR) >
- Науково-освітній центр KAU-Risen (KRREC)
- Інноваційний центр >
- Лабораторія електронного приладобудування



Багатозонність електронних станів: фізика та застосування

проект 2020.02/0408 (номер договору: 120/02.2020)

підтриманий Національним фондом досліджень України у рамках конкурсу “Підтримка досліджень провідних та молодих учених”

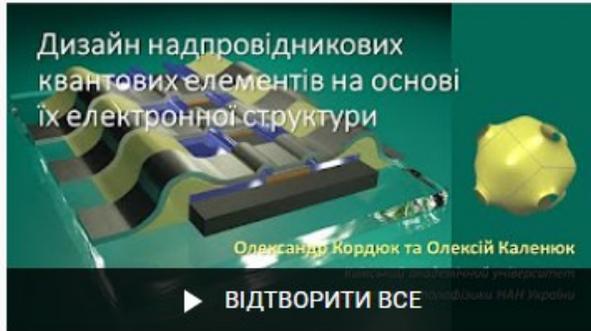
Переважна більшість функціональних матеріалів є принципово багатозонними, але мікроскопічні теорії, якими намагаються їх описати, походять від ідеалізованої «однозонної» моделі електронної структури, де багатозонність додано як уточнення. Те, що такий підхід не працює, найкраще видно на прикладі надпровідності. Є багато експериментальних свідчень, що багатозонність та високі T_c тісно пов'язані. Але, не дивлячись на давню історію розвитку багатозонних моделей, жодна мікроскопічна теорія досі не пояснила цих зв'язків та не сприяла відкриттю нових надпровідників. Виходячи з попередньо отриманих результатів, ми бачимо, що можемо заповнити цю прогалину: виділити ключові механізми впливу багатозонності на електронні властивості надпровідників та розвинути три напрями їх застосування: (1) інженерію нових матеріалів та структур з високими T_c; (2) моделювання впливу багатозонності на фазову когерентність та інтерференційні явища; (3) створення нового типу надпровідних квантових інтерферометрів.

Ключові слова: Багатозонність, надпровідність, інтерфейсна надпровідність, електронна зонна структура

Мета проекту:

Метою роботи є виявлення загальних механізмів впливу багатозонності на електронні властивості функціональних квантових матеріалів, в першу чергу надпровідників, та демонстрація прикладів їх практичного застосування. Зокрема, буде (1) побудовано модель, що пояснює кореляцію температури переходу надпровідників та близькості їх електронної структури до топологічного переходу Ліфшица та запропоновано алгоритм пошуку надпровідників з високими критичними температурами; (2) змодельовано вплив багатозонності на фазову когерентність та інтерференційні явища у надпровідниках та виявлено пов'язані з цим особливості транспортних та НВЧ властивостей таких матеріалів; (3) визначено роль міжзонних переходів у посиленні надпровідності на інтерфейсах та підібрано оптимальну геометрію контактів для застосування у нових надпровідних квантових інтерферометрах.

<http://kau.org.ua/centers/qmtech/multiband>



Multiband Project

14 відео • 94 перегляди • Останнє оновлення: 28 квіт. 2021 р.

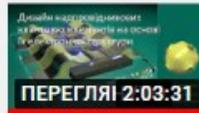


Kyiv
Academic
University

ВИ ПІДПИСАЛИСЯ



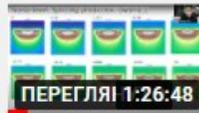
1



Дизайн надпровідникових квантових елементів на основі їх електронної структури

Kyiv Academic University

2



К. Богачов: Аналіз фотоемісійних спектрів багатозонних надпровідників методами машинного навчання

Kyiv Academic University

3



Vladimir Krasnov: Part 2 - Semi-Josephson emission... phonons and polaritons

Kyiv Academic University

4



Володимир Безгуба: Залізні надпровідники як платформа для топологічної надпровідності

Kyiv Academic University

5



Кирило Богачов про відкриті бази даних по властивостям надпровідників

Kyiv Academic University

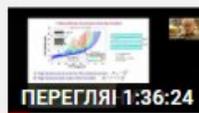
6



Олег Фей (IFW Dresden): «Електронна будова дихалькогенідів»

Kyiv Academic University

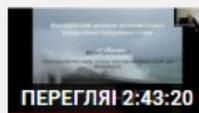
7



Vladimir Krasnov: Generation and detection of radiation by Josephson junctions

Kyiv Academic University

8



Євген Красовський, Мікроскопічний механізм релятивістського розщеплення поверхневих станів

Kyiv Academic University

Всі записи з семінару "Багатозонність" на Youtube: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLSGP3r1iKksPaVmYCDukMIKhZ2NESq1mD>



Дякую за увагу!