



# 履修要項

東北大学

文部科学省

「次世代X-nics半導体創成拠点形成事業」

スピントロニクス融合半導体創出拠点

MEXT Initiative to Establish Next-generation Novel  
Integrated Circuits Centers(X-NICS)

2024年度(令和6年度)

## 目次

1. スピントロニクス融合半導体創出拠点の概要.....	1
2. スピントロニクス融合半導体創出拠点が目指す人材像.....	1
3. スピントロニクス融合半導体のカリキュラムポリシー .....	2
4. 経済的サポート .....	3
5. スピントロニクス融合半導体創出拠点のカリキュラム.....	4

## 1. スピントロニクス融合半導体創出拠点の概要

カーボンニュートラル、Society 5.0に不可欠な革新的省電力半導体の実現には、技術開発のみならず当該分野を支える**人材育成**が必要である。

本拠点では、世界と伍して研究開発を先導し人材育成を展開してきた「スピントロニクス半導体」をゲームチェンジの新しい切り口（X）として中核技術に据えて、「スピントロニクス融合半導体材料・素子×回路・システム」を研究開発領域に設定し、種々の新材料・素子の研究開発とその特性を引き出す回路・アーキテクチャの研究開発から、その集積化技術の研究開発、更には実証開発に繋げるため動く半導体チップに向けたプロトタイプ検証を展開する。これにより、必要な演算性能を有する半導体集積回路の消費電力を極限まで削減する革新的省エネ半導体技術の創出と半導体に熟知した**高度人材育成**を行う。

省エネ半導体は、過去も、現在も、将来も、社会を支える基盤技術である。昨今、カーボンニュートラルを含め省電力化への社会的要請は今まで以上に強く、次に勝てる実用化を見据えた革新的半導体材料・素子の研究開発と**人材育成**は喫緊の課題である。本研究で取り組むスピントロニクス融合半導体は、省エネ半導体におけるゲームチェンジャーとなるコア技術であり、半導体集積回路分野での我が国の競争力を堅持・強化することにより、将来のグローバル市場における日本の地位向上に繋がるものである。

## 2. スピントロニクス融合半導体創出拠点が目指す人材像

本拠点には、代表機関である東北大学に加え、連携機関として国内の8の大学（北海道大学、東京大学、東京工業大学、電気通信大学、京都大学、大阪大学、九州大学、慶應義塾大学）、2つの公的研究機構（物質・材料研究機構、宇宙航空研究開発機構）、更には協力機関として5の大学、23社の企業が参画している（2023年8月現在）。

また、本拠点は、物性・材料・素子からプロセス・回路、さらにはアーキテクチャ・システムまでを包含する総合的な学問分野であり、その相互シナジーにより学問的にも産業的にも大きなインパクトを有する分野である。カーボンニュートラル、Society 5.0という明確な社会課題に対して、この解決に最有力視されているスピントロニクス融合半導体を中心に据えて研究開発領域を統合化し、新たな原理・方式を創出して、他分野に波及させて行くことで、将来の重要な学問分野の創成と体系化を目指す。本拠点に参画する各研究者は、学問に立脚した骨太の物性・材料・素子研究から回路・アーキテクチャ研究、更にはその集積化技術研究等の半導体研究に求められる広範囲な分野で世界第一線で活躍しており、相互シナジーを創出しながら活動している。

このような「スピントロニクス融合半導体」の卓越した研究環境の下で、我が国の強みである新材料・素子・モノづくり技術の創出を起点に、本開発技術の応用展開を行うと共に、新学理による新概念コンピューティングへと展開して行くダイナミズム・イノベーション力をアカデミアに醸成することで、大学における半導体集積回路の研究開発能力の高度化を実現すると共に、次世代を担う学生にその重要性和何より楽しさを学んでもらうことで高度人材の質と量を向上させる。

これにより、スピントロニクス融合半導体のみならず、新材料・素子を世界に伍していち早く集積回路・システムへと展開し、我が国の研究開発力・人材育成力の向上に寄与すると共に、カーボンニュートラルなど世界的課題の解決を目指す。

### 3. スピントロニクス融合半導体のカリキュラムポリシー

これらの「スピントロニクス融合半導体」の基礎知識と実績的技術の習得を達成するため、本拠点は、「半導体基礎講座」、「半導体発展講座」、「半導体研修講座」、「半導体実践講座」の4つのステップで、人材育成のカリキュラムを構成する。各講座は、半導体に関する基礎と実習の科目群で構成し、大学の教員のみならず、企業の研究者も講師として、人材育成に参画する。大学院学生は、これらの科目群の履修を通して、本拠点で実施する材料研究から、回路設計、さらには動く半導体チップの試作環境を活用した専門分野に加えて、関連する分野の知見を身に付けることができる。

X-nics	
<b>半導体基礎講座(必修)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>半導体基礎科目群 (各連携機関で選定)</b> 参加大学・各専攻の授業科目から自由に選択 →共用 (2 ポイント)</li> <li>● <b>X-nics 産学連携セミナー (企業による講義)</b> 前期: 卓越リーダーセミナー (AIE) ※1 後期: 工学・電気・通信・電子/特別講義 A</li> </ul> <p>※1 AIE:人工知能エレクトロニクス (AIE) 卓越大学院プログラム</p>
<b>半導体発展講座(選択)</b> ～材料から システム化まで～	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>半導体発展科目群 (各連携機関で選定し、共有)</b> 学内参加部局で定めた科目→共用 (4 ポイント)</li> <li>● <b>半導体実習科目群 (拠点内で共有)</b> ○大学側提供プログラム (リカレント教育として社会人にも提供) ・半導体プロセス実習 (RIEC) ※2 ・半導体プロセス実習 (μSIC) ※3 ○企業提供プログラム ・PBL (含卓越大学院の PBL 活用)</li> </ul> <p>※2 RIEC:東北大学 電気通信研究所 ※3 μSIC:東北大学 マイクロシステム融合研究開発センター</p>
<b>半導体研修講座(選択)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>インターンシップ・海外派遣</b> ・学生自身の研究分野の企業 &amp; 学生自身の研究分野とは異なる分野の研究室または企業 ・GP-Spin と連携した海外派遣 ※4</li> </ul> <p>※4 GP-Spin:スピントロニクス国際共同大学院プログラム</p>
<b>半導体実践講座(必修)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>実践的 OJT プロジェクト</b> X-nics 内の各プロジェクトおよび学生自身の研究</li> </ul>

図1 スピントロニクス融合半導体の基礎知識と実績的技術の習得を達成するための講座と科目群。

#### 4. 経済的サポート

本スピントロニクス融合半導体創出拠点に選抜された優秀な大学院生への経済的サポートを行う。支給金額等については別途決定する。

5. スピントロニクス融合半導体創出拠点のカリキュラム

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半導体基礎講座(必修)	半導体基礎科目群 (必要ポイント 数：2)	半導体基礎科目	各専攻の授業科目から自由に選択	2	各大学
	X-nics 産学連携 セミナー (必要ポイント 数：4)	X-nics 産学連携 セミナー	卓越リーダーセミナー I	2	東北大学 (AIE)
			電気・通信・電子工学 /特別講義 A	2	東北大学 (電・通・子)
半導体発展講座(選択)	半導体発展 科目群 (必要ポイント 数：4)	X-nics スピン工学	スピン機能素子	2	東北大学 (子)
			磁性物理学	2	東北大学 (応物)
			磁性材料物理学	2	東北大学 (応物)
			固体統計基礎	2	東北大学 (理物)
			半導体デバイス材料学 I	2	東京大学
			半導体デバイス材料学 II	2	東京大学
			分子エレクトロニクス	2	京都大学
			量子論電子工学	2	京都大学
			半導体ナノスピントロニクス	2	京都大学
			先端量子電子物性論	2	大阪大学
			強相関電子機能工学	2	大阪大学
			磁性とスピントロニクス概論	2	大阪大学
			磁性とスピントロニクス特論	2	大阪大学
			ナノエレクトロニクス	2	大阪大学
			量子効果デバイス	2	大阪大学

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半 導 体 発 展 講 座 ( 選 択 )	半 導 体 発 展 科 目 群 ( 必 要 ポ イ ン ト 数 : 4)	X-nics ス ピ ン 工 学	量子エレクトロニクス	2	大阪大学
			量子シミュレーション特論	2	大阪大学
			光量子工学	2	大阪大学
			磁性電子工学特論 I	2	九州大学
			磁性電子工学特論 II	2	九州大学
			光・量子デバイス基礎論 I	2	九州大学
			光・量子デバイス基礎論 II	2	九州大学
			ナノ光情報デバイス工学特論 I	2	九州大学
			ナノ光情報デバイス工学特論 II	2	九州大学
			スピントロニクス工学特論 I	2	九州大学
			スピントロニクス工学特論 II	2	九州大学
			スピン・ナノ物性物理学特論	2	慶應義塾大学
			多体系の量子論	2	慶應義塾大学
			磁性物理学	2	慶應義塾大学
			量子力学の数理工学	2	慶應義塾大学
			メゾスコピック物質科学特論	2	慶應義塾大学
			応用量子物理	2	慶應義塾大学
			光ナノ量子制御	2	慶應義塾大学
			スピンエレクトロニクス	2	慶應義塾大学

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半 導 体 発 展 講 座 ( 選 択 )	半 導 体 発 展 科 目 群 ( 必 要 ポ イ ン ト 数 : 4)	X-nics スピン 工学	量子エレクトロニクス	2	慶應義塾大学
			ナノエレクトロニクス	2	慶應義塾大学
			量子ナノエレクトロニクス特論	2	北海道大学
		X-nics 材料物性計測	固体物性工学	2	東北大学 (電・通・子)
			電子材料プロセス工学	2	東北大学 (子)
			固体分光学基礎	2	東北大学 (理物)
			生体計測制御医工学	2	東北大学 (医工)
			応用磁気物性学 A	2	東北大学 (応物)
			応用磁気物性学 B	2	東北大学 (応物)
			半導体光物性学 A	2	東北大学 (応物)
			ナノ構造制御機能発現工学	2	東北大学 (知)
			固体電子物性工学 I	2	東京大学
			固体電子物性工学 II	2	東京大学
			半導体フォトニクス	2	東京大学
			電子材料学特論	2	京都大学
			電気伝導	2	京都大学
			無機物性論	2	京都大学
			無機構造論 I	2	京都大学
			無機構造論 II	2	京都大学



課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半導体発展講座(選択)	半導体発展 科目群 (必要ポイント 数：4)	X-nics 材料物性計測	無機固体化学 I	2	京都大学
			無機固体化学 II	2	京都大学
			表面物性化学	2	京都大学
			結晶構造化学	2	京都大学
			化学固体電子論	2	京都大学
			汎分光	2	大阪大学
			半導体物性	2	大阪大学
			物性概論	2	大阪大学
			表面・界面・超薄膜物性	2	大阪大学
			電子デバイス工学	2	大阪大学
			固体量子論	2	大阪大学
			先端微小物質科学特論	2	大阪大学
			先端光エレクトロニクス	2	大阪大学
			光波・マイクロ波工学	2	大阪大学
			薄膜材料科学特論	2	大阪大学
			精密科学機器特論	2	大阪大学
			微細構造評価学	2	大阪大学
物理計測特論	2	大阪大学			

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半 導 体 発 展 講 座 ( 選 択 )	半 導 体 発 展 科 目 群 ( 必 要 ポ イ ン ト 数 : 4)	X-nics 材 料 物 性 計 測	応用表面科学	2	大阪大学
			超音波工学	2	大阪大学
			先端電子物性 I	2	九州大学
			先端電子物性 II	2	九州大学
			計測工学特論 I	2	九州大学
			計測工学特論 II	2	九州大学
			超伝導工学特論 I	2	九州大学
			超伝導工学特論 II	2	九州大学
			計測システム工学 I	2	九州大学
			計測システム工学 II	2	九州大学
			超伝導応用特論 I	2	九州大学
			超伝導応用特論 II	2	九州大学
			光物性物理学特論	2	慶應義塾大学
			表面化学特論	2	慶應義塾大学
			物性物理学特論 A	2	慶應義塾大学
			機能物質概論	2	慶應義塾大学
			光エレクトロニクス	2	慶應義塾大学
			電気・磁気機能物質	2	慶應義塾大学
表面界面科学	2	慶應義塾大学			

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半 導 体 発 展 講 座 ( 選 択 )	半 導 体 発 展 科 目 群 ( 必 要 ポ イ ン ト 数 : 4)	X-nics 材 料 物 性 計 測	応用物理特別講義 A	2	慶應義塾大学
			応用物理特別講義 C	2	慶應義塾大学
			電子伝導論	2	慶應義塾大学
			超伝導と物性工学	2	慶應義塾大学
			場の理論	2	慶應義塾大学
			フォトニックナノ構造	2	慶應義塾大学
			ナノスケール科学ジョイントセミナー/ マテリアルデザイン科学ジョイントセミナー	2	慶應義塾大学
			ナノマテリアル特論	2	慶應義塾大学
			固体物性学特論	2	北海道大学
			電子材料学特論	2	北海道大学
		X-nics 半 導 体 プ ロ セ ス	半導体工学	2	東北大学 (電・通・子・応物)
			微細プロセス科学	2	東北大学 (子)
			プラズマ基礎工学	2	東北大学 (子)
			プラズマ応用工学	2	東北大学 (子)
			イメージセンシング工学	2	東北大学 (技社)
			光物性学特論 II	2	東北大学 (理物)
			接合加工学	2	東京大学
			VLSI テスト	2	東京大学
			VLSI Low Power Circuit Design	2	電気通信大学

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半導体発展講座(選択)	半導体発展 科目群 (必要ポイント 数：4)	X-nics 半導体 プロセス	集積回路基礎	2	電気通信大学
			集積回路設計特論	2	電気通信大学
			CMOS 集積回路設計学特論	2	電気通信大学
			半導体工学特論	2	京都大学
			半導体表面科学特論	2	大阪大学
			極限精密加工学特論	2	大阪大学
			精密工学特論	2	大阪大学
			応用デバイス工学	2	大阪大学
			精密工学演習	2	大阪大学
			超精密加工学特論	2	大阪大学
			電子デバイス工学	2	大阪大学
			半導体物理学	2	大阪大学
			集積回路設計基礎特論 I	2	九州大学
			集積回路設計基礎特論 II	2	九州大学
			バイオ電子工学特論 I	2	九州大学
			バイオ電子工学特論 II	2	九州大学
			ナノプロセス工学特論 I	2	九州大学
			ナノプロセス工学特論 II	2	九州大学

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半導体発展講座(選択)	半導体発展 科目群 (必要ポイント 数：4)	X-nics 半導体 プロセス	有機エレクトロニクス特論 I	2	九州大学
			有機エレクトロニクス特論 II	2	九州大学
			L S I デバイス物理特論 I	2	九州大学
			L S I デバイス物理特論 II	2	九州大学
			実装工学特論 I	2	九州大学
			実装工学特論 II	2	九州大学
			レーザー物理学	2	慶應義塾大学
			MEMS 特論 -デザインおよびマイクロファブリケーション-	2	慶應義塾大学
			電気電子デバイス・システム特別講義	2	慶應義塾大学
			S o C 設計技術	2	慶應義塾大学
			デバイス物性工学	2	慶應義塾大学
			半導体デバイスの物理とモデリング	2	慶應義塾大学
			システム L S I 設計	2	慶應義塾大学
			半導体デバイス物理学特論	2	北海道大学
			集積プロセス学特論	2	北海道大学
			電子デバイス学特論	2	北海道大学
		応用デバイス回路学特論	2	北海道大学	
		X-nics エネルギーシステム	エネルギー変換制御機器工学	2	東北大学 (技社)
			パワーエレクトロニクス応用工学	2	東北大学 (電・通・子)

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半 導 体 発 展 講 座 ( 選 択 )	半 導 体 発 展 科 目 群 ( 必 要 ポ イ ン ト 数 : 4)	X-nics エネ ル ギ ー シ ス テ ム	システム制御工学	2	東北大学 (電・通・子)
			電気エネルギーシステム工学	2	東北大学 (電・通・子)
			ユビキタスエネルギー工学	2	東北大学 (電)
			レーザーエネルギー工学	2	大阪大学
			電磁エネルギー工学特論 I	2	九州大学
			電磁エネルギー工学特論 II	2	九州大学
			電気エネルギー工学特論 I	2	九州大学
			電気エネルギー工学特論 II	2	九州大学
			電気エネルギー環境基礎特論 I	2	九州大学
			電気エネルギー環境基礎特論 II	2	九州大学
			電磁エネルギー変換特論 I	2	九州大学
			電磁エネルギー変換特論 II	2	九州大学
			電磁エネルギー応用特論 I	2	九州大学
			電磁エネルギー応用特論 II	2	九州大学
			電気エネルギー応用特論 I	2	九州大学
			電気エネルギー応用特論 II	2	九州大学
			応用パワーエレクトロニクス	2	慶應義塾大学

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半 導 体 発 展 講 座 ( 選 択 )	半 導 体 発 展 科 目 群 ( 必 要 ポ イ ン ト 数 : 4)	X-nics 情 報 通 信 ・ セ キ ュ リ テ ィ	インターネットセキュリティ	2	東北大学 (情)
			セキュア情報通信システム論	2	東北大学 (電・通・子・情)
			通信システム[#3]	2	東北大学 (通)
			情報ネットワーク論[#3]	2	東北大学 (情)
			高信頼システム	2	東北大学 (情)
			暗号理論	2	東北大学 (情)
			情報通信技術論[#4]	2	東北大学 (情)
			インターネット工学[#4]	2	東北大学 (子)
			ハードウェア基礎[#5]	2	東北大学 (電・通・子)
			未来情報通信技術特論(集中講義)	2	大阪大学
			光送受信工学特論 I	2	九州大学
			光送受信工学特論 II	2	九州大学
			高周波デバイス工学特論 I	2	九州大学
			高周波デバイス工学特論 II	2	九州大学
			ニューロコンピューティング特論 I	2	九州大学
			ニューロコンピューティング特論 II	2	九州大学
			ワイヤレス通信特論 I	2	九州大学
			ワイヤレス通信特論 II	2	九州大学

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半導体発展講座(選択)	半導体発展 科目群 (必要ポイント 数：4)	X-nics 情報通信・ セキュリティ	マルチエージェントシステム基礎 I	2	九州大学
			マルチエージェントシステム基礎 II	2	九州大学
			凸最適化に基づく制御系設計理論 I	2	九州大学
			凸最適化に基づく制御系設計理論 II	2	九州大学
			情報エレクトロニクス特論	2	北海道大学
		X-nics ビック データ処理	データ科学基礎	2	東北大学 (情)
			ビックデータスキルアップ演習	2	東北大学 (情)
			データ科学トレーニングキャンプ I	2	東北大学 (情)
			データ科学トレーニングキャンプ II	2	東北大学 (情)
			自然言語処理学	2	東北大学 (情)
			Information Technology Fundamental*	2	東北大学 (情)
			知能システム科学	2	東北大学 (情)
			医用情報計測学[#6]	2	東北大学 (医工)
			情報計測学[#6]	2	東北大学 (子)
			計算人文社会学研究演習 I	2	東北大学 (文)
			計算人文社会学研究演習 II	2	東北大学 (文)



課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻*) *東北大のみ
半 導 体 発 展 講 座 ( 選 択 )	半 導 体 発 展 科 目 群 ( 必 要 ポ イ ン ト 数 : 4)	X-nics ビック データ処理	創造性工学プロジェクト I Q -半導体デザインハッカソン-	2	東京大学
			スマートシステム工学特論 I	2	九州大学
			スマートシステム工学特論 II	2	九州大学
			先端情報社会学特論	2	九州大学
			I C T 社会基盤デザイン特論	2	九州大学
			電気電子工学特別講義	2	九州大学
			機能デザイン工学	2	慶應義塾大学
			S o c i e t y 5 . 0 時代の新しい 社会システムと科学技術	2	慶應義塾大学
			光情報システム学特論	2	北海道大学

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	ポイント数	開講する大学 (専攻)
半導体発展講座	半導体実習 科目群 (必要ポイント 数:2)	半導体実習科目	半導体プロセス実習	2	東北大学 (RIEC)
			半導体プロセス実習	2	東北大学 ( $\mu$ SIC)
			PBL	2	東北大学 (AIE)

課程	科目群	X-nics 講義名	各系の科目名	開講する大学 (専攻)
半導体研修講座(選択)	インターンシ ップ海外派遣	インターンシ ップ 海外派遣		東北大学 (AIE) 東北大学 (GP-Spin) 他
半導体実践講座(必修)	実践的 OJT プロジェクト			各大学

※ 東北大学で開講する専攻の略字は下記の通りである。

電：工学研究科電気エネルギーシステム専攻

通：工学研究科通信工学専攻

子：工学研究 科電子工学専攻

応物：工学研究科応用物理学専攻

技社：工学研究科技術社会システム専攻

医工：医工学研究科医工学専攻

情：情報科学研究科情報基礎科学専攻・システム情報科学専攻・応用情報科学専攻

文：文学研究科日本学専攻・広域文化学専攻・総合人間学専攻

理物：理学研究科物理学専攻

知：知能デバイス材料学専攻

AIE：人工知能エレクトロニクス(AIE)卓越大学院プログラム

GP-Spin：スピントロニクス国際共同大学院プログラム

RIEC：電気通信研究所

$\mu$ SIC：マイクロシステム融合研究開発センター

東北大学スピントロニクス融合半導体創出拠点

X-nics教育事務局

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-05

(AIE卓越大学院内)

[TEL:022-795-7142](tel:022-795-7142)

[E-mail: xnics-kyomu@grp.tohoku.ac.jp](mailto:xnics-kyomu@grp.tohoku.ac.jp)