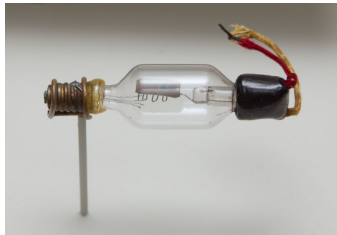


ההיסטוריה של שפופרות הריק – Vacuum Tubes

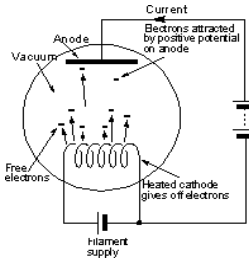
אברהם אמיר 4X4FW

הבעיה העיקרית של המקלטים בעידן הטלגרף האלחוטי הייתה איכות הגלאי (DETECTOR). כל הגלאים שהיו בשימוש (אלקטרומגנטי, קוהרר, גביש, אלקטרוליטי ואחרים) היו בעייתיים ולא יציבים.

ב-1881, תומס אדיסון חפש פתרון כדי למנוע את שריפת חוט הלהט במנורת החשמל שהמציא. הוא הציב לוח מתכת ליד חוט הלהט וחבר אותו למקור מתח. אדיסון שם לב לכך שכאשר מתח הלוח חיובי ביחס למתח חוט הלהט, נוצר זרם בין חוט הלהט ללוח המתכת. תופעה זו כונתה "תופעת אדיסון" והיא נרשמה כפטנט ב-1884 בשם "Electrical Voltmeter". לא היה שום שימוש מעשי בפטנט של אדיסון עד שנת 1904. בשנה זו John Fleming (שהיה בעבר עוזרו של אדיסון) עבד עם מרקוני בשיפור מעגלי הקליטה בטלגרף האלחוטי ומצא ש"תופעת אדיסון" ניתנת לשימוש כגלאי לאותות אלחוט. הניסויים שלו גילו ששפופרת נורה עם לוח מתכת מסוגלת להפוך זרם חילופי לזרם ישר. ג'ון פלמינג רשם על כך פטנטים בארה"ב ובאנגליה.



דגם מוקדם של שפופרת דיודה

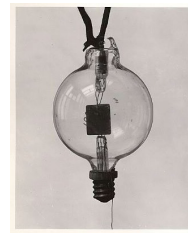


הדיודות התרמויוניות שפותחו מאז, החליפו את גלאי הגביש במקלטי הטלגרף האלחוטי וגרמו לשיפור איכות ויציבות הקליטה. ב-1906, חפש Lee de Forest דרכים להשפיע על הזרם בגלאי השפופרת ע"י ליפוף חוט מוליך מסביב לשפופרת (ומאוחר יותר גם בתוך השפופרת בין הלוח לחוט הלהט). דה-פורסט חיבר את אות האלחוט ממעגל האנטנה לחוט המלופף ואת האזונית למעגל שבין הלוח לחוט הלהט. התוצאה הייתה גלאי עם קליטה משופרת מאוד. דה-פורסט קרא לשפופרת שלשת האלמנטים החדשה "אודיון" - Audion.

The Electro Audion
is the latest word in Wireless. It is the most sensitive Detector constructed today, being even more sensitive than the Electrolytic and many hundred times more sensitive than Silicon and Carbonium.
Now used by nearly every government.
Send today four cents postage for our marvelous 196 page encyclopedia No. 10 with 425 illustrations on experimental, electrical apparatus and instruments.
THE ELECTRO IMPORTING CO., 233a Fulton St., NEW YORK CITY
"EVERYTHING FOR THE EXPERIMENTER"

Price of this marvelous instrument **\$4.00**

פרסומת ל"אודיון"



דגם ראשוני של "אודיון"

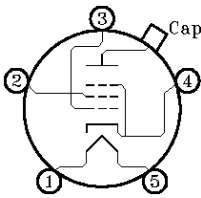
הניסויים של דה-פורסט בשפופרות הריק כללו כמות חלקית של גז. הוא האמין שהשינויים במוליכות כתוצאה מהשפעת החוט המלופף, הם כתוצאה מהגז שבשפופרת. באותו הזמן שדה-פורסט ערך את הניסויים עם ה"אודיון", Robert von Leiben באוסטריה פיתח שפופרת ריק עם שלשה אלמנטים שכללה אידי כספית ותפקדה כ - Thyatron. השימוש הראשון ב"אודיון" כמגבר נעשה ב-1911 על ידי Lewenstien בארה"ב ומטרתו הייתה לפתח מגבר קווי לכבל הטלפון הטרנס-אטלנטי. ב-1913, דה-פורסט תכנן מגבר עם שלוש שפופרות "אודיון" בעל הגבר כולל של 120. דה-פורסט ו-Lewenstien הציגו לחברת Bell Telephone תכנון מגברים קוויים לכבל הטרנס-אטלנטי. חברת בל טלפון החליטה לפתח ולייצר בעצמה את

המגבר הקווי והתבססה על שפופרת ריק מוחלט ללא גז וקתודה חוט להט משופרת עם ציפוי תחמוצת, שפותחה ע"י Arnold.

מכאן והלאה, שפופרות ה"אודיון" שהשתכללו ונקראו טריודות, נכנסו לשימוש במקלטי הטלגרף האלחוטי. השיפור המשמעותי ברגישות המקלטים הגדיל את טווח הקשר של הטלגרף האלחוטי בהשוואה לטווח המוגבל עם מקלטי הגביש.

מייסנר בגרמניה היה הראשון שעשה שימוש בטריודה כדי לחולל אות בתדר קבוע והמתנד שלו נקרא Meissner Oscillator. מאוחר יותר Colpitts ו-Hartley בארה"ב פיתחו מתנדים אחרים הנקראים על שמם. מכאן והלאה, ניתן היה לפתח משדרי טלגרף אלחוטי המפיקים גל סינוס נקי שלא התפזר בפס תדרים רחב כפי שהיה במשדרי הניצוצות.

שפופרות הטריודה הפכו לאבני הבניין של עידן שידורי הרדיו שהחלה ב-1920, עם הקמת תחנות השידור הראשונות. לא ניתן היה לשדר אותות דיבור או מוסיקה באמצעות משדרי ניצוצות. המשדרים החדשים שפעלו באמצעות שפופרות טריודה, הפיקו גל נושא נקי שניתן לאפנן אותו עם מגבר שמע שפופרתי.



שרטוט חשמלי של פנטודה

אבולוציית השפופרות

UV-201A

TYPE R

אחרי מספר שנות ניסיון עם מגברי טריודה, מהנדסי הרדיו שמו לב לכך שהקיבול בין האנודה (לוח המתכת) לבין שריג הבקרה גורם לבעיות בתדרים גבוהים. כדי להתגבר על כך, הותקן שריג נוסף לסיכוך בין האנודה לשריג הבקרה. השפופרת החדשה נקראת טטרודה (TETRODE).

הפנטודה (PENTODE) היא שכלול נוסף של הטטרודה. זרם האלקטרונים מחוט הלהט (קתודה) לכיוון האנודה המואץ ע"י המתח החיובי בשריג הסיכוך, גורם לכך שחלק מהאלקטרונים נפלט מהאנודה ונקלט בשריג הסיכוך. כדי למנוע זאת, הותקן שריג נוסף בין שריג הסיכוך לאנודה וחובר לקתודה, כדי לדחות את האלקטרונים הנפלטים לכיוון האנודה.

עד סוף שנות העשרים, רוב שפופרות הריק פעלו עם קתודת חימום ישיר בה האלקטרונים נפלטים מחוט הלהט או שכבת התחמוצת שעליו. עובדה זו הכתיבה את הצורך לספק לחוטי הלהט מתחים מסוללות, כי מתח חילופי בחוט הלהט מוגבר במעגל המוצא של השפופרת. כדי לאפשר הספקת מתח חילופי לחימום הקתודה, הוכנס חוט הלהט לתוך גליל מתכת המצופה בתחמוצת. הגליל הפך לקתודה של השפופרת. מ-1930 והלאה, כל מקלטי הרדיו הביתיים תוכננו עם שפופרות ריק בעלות קתודה עם חימום בלתי-ישיר ופעלו עם ספק כוח ברשת החשמל.



שפופרת שידור



SUBMINIATURE



NUVISTOR